

LES CULTURES ASSOCIEES AU MALI

**Communications présentées au
Séminaire sur les cultures associées au Mali
Bamako, 15-17 septembre 1987**

**Co-publiées par
l'Institut d'économie rurale (IER) et
l'Institut international de recherches sur les cultures
des zones tropicales semi-arides (ICRISAT)
B.P. 34 Bamako, Mali**

AVANT-PROPOS

La culture associée est un système traditionnel de production qui est pratiqué sur une grande étendue du continent africain. Dans le passé, beaucoup de projets de recherche et de développement ont négligé cet important système de production. Mais, des recherches récentes ont montré que les paysans avaient raison de continuer cette technique de production. La culture associée permet d'obtenir un rendement global plus élevé et plus stable. Elle permet l'utilisation et la conservation plus rationnelle des ressources naturelles. Elle développe aussi un meilleur couvert végétal, favorise l'infiltration de l'eau, réduit l'érosion du sol, maintient la fertilité du sol, étouffe les mauvaises herbes, lutte contre les insectes et les maladies et réduit la demande en main-d'oeuvre. Elle réduit aussi les risques de faillite.

Au Mali, l'Institut d'économie rurale (IER) en collaboration avec l'Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT), a conduit une étude systématique sur les cultures associées depuis 1977. Cette recherche a abouti à la diffusion d'une technologie améliorée sur l'association maïs/mil dans la zone Mali Sud. Ceci est un exemple de réussite de cette recherche. Selon l'organisme de vulgarisation (CMDT), environ 20 000 ha ont été mis en valeur avec ce système amélioré pendant la campagne 1987. Il existe aussi des exemples pour d'autres systèmes améliorés. A présent, beaucoup de cellules de recherche ont commencé à orienter leurs travaux vers l'élaboration de systèmes alternatifs, afin d'aider les paysans à utiliser plus efficacement leurs ressources biophysiques et socio-économiques et à intensifier les cultures pour une meilleure production alimentaire.

Nous avons organisé un atelier sur les systèmes de cultures associées au Mali, afin de donner l'opportunité aux chercheurs et aux spécialistes maliens d'effectuer des échanges d'idées. Les chercheurs, les agents de vulgarisation et les bailleurs de fonds se sont réunis durant trois jours de débats pour passer en revue et discuter les paramètres et les stratégies de développement dans le but de planifier et de subventionner les futurs programmes de recherche dans le domaine des systèmes de cultures associées au Mali.

Près de vingt documents techniques ont été présentés durant cet atelier organisé conjointement par l'IER et l'ICRISAT avec l'appui financier de l'Agence des Etats-Unis pour le développement international (USAID). Les procédures de publication incluent le sommaire et les grandes lignes des documents présentés, ainsi que les recommandations relatives à l'orientation future de la recherche.

Nous espérons que ceci servira à la fois comme un examen du travail qui a été fait jusqu'à présent et un stimulant pour une étude plus approfondie, afin d'améliorer la productivité de cet important système traditionnel de production au Mali et en

Afrique de l'Ouest.

Nous reconnaissons avec gratitude les efforts de tous ceux qui ont contribué au succès de cet atelier. Nous remercions particulièrement M. Zana Sanogo, Chef de la DRA, M. S.V.R. Shetty, Représentant de l'ICRISAT/Mali et leurs collègues qui les ont assistés dans la planification et la programmation de l'atelier, et M. Charles Giroux, Chef du Bureau régional d'information ICRISAT/Niamey et M. Baladji Keita ICRISAT/Mali pour l'édition de cette publication.

Mamadou F. Traoré

Directeur général de l'IER

R.W. Gibbons

Directeur exécutif du Centre
sahélien et des programmes
ouest-africains de l'ICRISAT

TABLE DES MATIERES

Introduction

Discours d'ouverture Mamadou F. Traoré	9
Objectifs du séminaire Zana Sanogo	11

Milieu physique

Agroclimatologie du Mali Birama Diarra, Bruno Lidon, Seydou Traoré et Serge Valet	17
--	----

Agronomie

Cultures associées au Mali Progrès de la recherche agronomique. S.V.R. Shetty, B. Keita, A. Coulibaly et I. Kassambara	31
Fertilisation et maintien de la fertilité des sols rotations et associations culturales au Mali Traoré A., Martiné J.F.	53
Résultats de recherche sur les associations de culture à l'Institut Polytechnique Rural de Katibougou Bretauudeau A., Traoré B. et Dembélé A.	73
Les cultures associées en milieu paysan et fertilisation de l'association maïs/mil: analyse agronomique et économique (Volet Fonsébougou Kébé Demba	87
Progrès de la recherche sur les systèmes cultureux C. Renard, B.R. Ntare et L.K. Fussell	91

Amélioration des plantes

Le sorgho dans les systèmes de culture et son amélioration au Mali. Noel Beninati et Aboubacar B. Touré	107
Les systèmes de production à base de mil au Mali et son amélioration au point de vue création variétale Niangado O., Traoré K.A. et Yattara K.	121
Le maïs dans l'association des cultures: aspect variétal C.O. Keita	135

Génotypes d'arachide dans les cultures intercalaires D. Soumano	139
Amélioration variétale du niébé dans un système de cultures associées Kodio O.	143
Perspectives de recherches en physiologie sur les cultures associées au Mali Moussa Traoré	149
Défense des cultures	
Influence de l'association des cultures sur les insectes ravageurs et leurs dégâts: cas céréales/légumineuses et céréales/céréales Y.O. Doumbia	157
L'association des cultures comme moyen de lutte contre les mauvaises herbes et le <u>Striga</u> A. Konaté	161
Socio-économie	
Informations et observations sur les cultures associées dans la zone de l'Opération Haute Vallée Jacques C. Denis et B. Coulibaly	171
Synthèse des résultats de pré vulgarisation sur les cultures associées au Mali Lamine Traoré, Hassane Daou et Amidou Sangaré	189
Perspective de l'association en zone CMDT Abdoulaye B. Dolo	203
Recommandations et clôture	
Recommandations de l'Atelier Séminaire sur les cultures associées au Mali	209
Discours de clôture Mamadou F. Traoré	213
Annexe	
Synthèse des discussions Baladji Keita	219
Liste des participants	223
Comité de coordination	225

INTRODUCTION

DISCOURS D'OUVERTURE

Mamadou F. Traoré

Directeur général de l'Institut d'économie rurale (IER)

Monsieur le Représentant du Directeur de l'US-AID,
Monsieur le Représentant du Directeur général de l'ICRISAT,
Mesdames et Messieurs les Séminaristes,
Honorables Invités,
Mesdames, Messieurs.

Il m'est particulièrement agréable de présider ce matin la cérémonie d'ouverture du Séminaire sur "les cultures associées" organisé par mon Institut en collaboration avec l'Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT), grâce à l'appui financier de l'US-AID que je remercie au nom de vous tous.

Je voudrais tout d'abord, adresser mes sincères remerciements à toutes les personnalités qui ont bien voulu, malgré leurs multiples occupations, rehausser de leur présence cette cérémonie et souhaiter la bienvenue aux participants venus d'ailleurs, en l'occurrence le Centre sahélien de l'ICRISAT à Niamey. Leur présence ici témoigne, s'il en était besoin, de l'importance qu'ils accordent au thème choisi.

Le sujet de cet atelier, qui durera trois jours, est très pertinent pour le Mali, car comme vous le savez, le système des cultures associées est le système de culture le plus fréquent dans les zones semi-arides de l'Afrique Occidentale. Le sorgho, le mil, le maïs et le niébé sont le plus souvent cultivés chez nous en association. Les paysans pratiquent ces cultures associées pour plusieurs raisons, entre autres, réduction des risques, répartition équitable de la force de production, maintien de la fertilité du sol. Bien que ces pratiques de cultures associées soient anciennes, ce système traditionnel n'a retenu l'attention de la recherche qu'à une époque très récente, les cultures pures étant de règle en général pour cette recherche.

Bien que nous disposions de nouvelles variétés et de pratiques agronomiques améliorées, ces innovations n'étaient pas totalement acceptées par les paysans. L'une des raisons de cet état de fait est l'inadéquation de ces nouvelles variétés et de ces nouvelles technologies avec les systèmes traditionnels de production.

Ce n'est qu'au début des années 1970 que des centres internationaux de recherche agronomique, tels que l'ICRISAT, ont initié la recherche sur les cultures associées par une approche scientifique.

Les recherches systématiques menées par l'IER sur les systèmes d'association des cultures ont été initiées au Mali grâce à l'initiative du Projet ICRISAT/Mali vers la fin des

années 1970. Je comprends à cet effet que vous discuterez les synthèses des résultats obtenus depuis lors. Il est en tout cas encourageant de constater que plusieurs programmes, élaborés et réalisés par la Division de la recherche agronomique et la Division de la recherche sur les systèmes de production rurale de l'IER sur les cultures associées, ont porté fruits et je pense que cet atelier vous permettra de valoriser les acquis de ces recherches et mieux envisager celles des années à venir.

Mesdames, Messieurs les Séminaristes,

Les recherches sur les cultures associées demandent des interventions pluridisciplinaires. Aussi, j'espère que les travaux de cet atelier vous permettront de renforcer et de coordonner cette option pluridisciplinaire.

J'ose également espérer que le point des résultats acquis vous permettra d'identifier quelques systèmes clés qui pourraient être proposés pour des tests en vraie grandeur aux Organismes de développement. Avec votre projet d'ordre du jour, je suis heureux de constater que la plupart des disciplines sont représentées et ont préparé des documents de travail.

Je voudrais, Mesdames et Messieurs les Séminaristes, mettre l'accent sur le fait que les systèmes traditionnels de cultures pratiqués par les paysans devront être considérés comme les éléments prioritaires de la recherche. Les chercheurs doivent désormais contribuer au développement de variétés et de techniques qui pourraient être compatibles avec les systèmes de cultures déjà existants. Il n'y a aucun doute que les paysans continueront la pratique des cultures associées en agriculture pluviale qui demeurera, nous en sommes tous persuadés, le système de cultures le plus important dans les zones semi-arides.

Dans les pays comme le Mali où l'autosuffisance alimentaire des populations est la première priorité, les chercheurs ont un rôle capital à jouer. Aussi, devons-nous essayer de "manipuler" les systèmes de cultures pour mieux gérer les ressources naturelles et essentiellement l'humidité du sol. Il faudrait également envisager les possibilités d'intégration des cultures fourragères et des arbres dans les systèmes de cultures dans le but de diversifier l'agriculture et de couvrir les besoins alimentaires, fourragers et, pourquoi pas, en bois de chauffe des populations.

Mesdames, Messieurs les Séminaristes,

En vous exhortant à donner le meilleur de vous même pour la réussite de cet atelier et confiant aux recommandations pratiques que vous dégagerez pour la détermination des priorités futures des recherches en la matière, je déclare ouvert le Séminaire sur les "cultures associées au Mali".

Je vous remercie.

Bamako, 15 septembre 1987.

OBJECTIFS DU SEMINAIRE-ATELIER SUR LES CULTURES ASSOCIEES AU MALI

Zana Sanogo

Chef, Division de la recherche agronomique (DRA),
B.P. 281, Bamako, Mali.

Le point suivant de notre ordre du jour prévoit que le Chef de la DRA intervienne pour préciser les objectifs de notre séminaire. Je dois dire franchement que l'intervention du Directeur général de l'IER a parfaitement circonscrit le cadre de notre atelier.

Néanmoins, avant de vous exposer les objectifs que nous voyons à fixer à ce séminaire, je voudrais encore au nom de vous tous remercier une fois de plus le Projet ICRISAT/Mali et à travers lui son bailleur de fonds, l'US-AID qui a permis de nous réunir ce matin pour faire le bilan de nos recherches sur les cultures associées au Mali.

Les cultures associées, chacun d'entre nous les a sûrement vues pratiquées autour de lui et dès son jeune âge. C'est simplement pour dire que les cultures associées qui font l'objet du présent séminaire ne constituent pas un nouveau concept d'agriculture. Depuis des temps anciens, ce système d'exploitation agricole a existé partout dans le monde comme méthode de maximisation et de sécurisation de la production agricole durant une saison donnée et sur une unité de surface donnée.

Depuis longtemps et sans aucune raison scientifique, les recherches n'ont concerné que le développement des cultures pures et ont ignoré les cultures associées à cause des difficultés d'expérimentation ou à cause de l'agriculture traditionnelle de subsistance?

Et pourtant, toutes les bonnes techniques proposées par la vulgarisation pour la pratique des cultures pures n'ont jamais poussé le paysan à délaisser ses systèmes de cultures associées. Aujourd'hui, plus que jamais, les cultures associées occupent une place importante dans les systèmes de production agricole, au Mali. La principale raison évidente est la sécurisation de la production agricole dans notre agriculture pluviale avec une minimisation des risques de faillite.

Avec l'installation de façon permanente de la sécheresse, chez nous, l'association des cultures devient une des stratégies de production agricole les plus appropriées. C'est en tous cas ce que la recherche a compris il y a déjà quelques années, en demandant à ses structures d'entreprendre tous les programmes de recherche possibles pour arriver très rapidement à proposer aux paysans des solutions concrètes de développement des cultures associées. Et, le Projet ICRISAT/Mali en est un des promoteurs.

Il y a un peu plus de deux ans, exactement les 15, 16 et 17

janvier 1985, nous avons pris l'initiative d'organiser à Sikasso, un premier séminaire-atelier sur l'association maïs/mil qui est comme vous le savez, une des pratiques les plus courantes des systèmes de cultures associées en zone sud du pays.

Cette première réunion, au cours de laquelle, nous avons évalué et échangé nos expériences avec le développement, nous avait permis de mieux harmoniser les méthodes d'approche des problèmes de développement de la pratique de l'association des cultures.

Un certain nombre de recommandations avaient été adoptées, notamment:

- L'introduction de nouvelles variétés améliorées et le choix des variétés dans l'association en fonction des contraintes climatiques;

- La détermination des besoins en eau des cultures en association;

- L'étude des dates optimales de semis des cultures associées et ceci, en fonction des zones écologiques;

- La détermination des densités optimales de peuplement, des fumures pour stabiliser la production des cultures associées et l'étude des modalités du maintien de la fertilité des sols sous ces associations;

- L'élaboration des programmes de recherches sur les maladies des cultures en association.

Du séminaire de Sikasso à aujourd'hui, beaucoup de pas ont été franchis. Nous voilà donc encore réunis pour débattre cette fois-ci, non seulement du point des recommandations que nous nous avons faites dans le cadre de l'association maïs/mil, mais aussi pour évaluer d'une manière générale les progrès réalisés en matière de recherches sur les cultures associées au Mali.

L'occasion me semble bonne à ce niveau de dire quelques mots sur l'importance des objectifs poursuivis par notre séminaire.

Il vise en effet à:

1. Faire le point des connaissances sur les cultures associées, les différentes sessions que nous vous proposons au programme devront nous permettre de faire le tour des résultats agronomiques, d'amélioration variétale, de défense des systèmes de cultures, des recherches en milieu paysan et sur la gestion et l'exploitation des ressources naturelles pour mieux saisir les contraintes affectant la productivité et la rentabilité des systèmes de cultures associées.

2. Formuler des directives précises pour:

- La recommandation aux paysans des systèmes de cultures les plus efficaces, et

- L'initiation et/ou le renforcement des programmes de recherche sur tous les aspects importants n'ayant pas été abordés ou n'ayant pas fait l'objet de recherches approfondies, c'est-à-dire identifier les besoins de recherche en vue de dégager les priorités futures afin de bâtir des programmes de recherche mieux adaptés qui permettront de lever les contraintes à la promotion des cultures associées.

A cet égard, deux commissions de recherche et de développement seront constituées pour mieux appréhender tous les problèmes.

La complexité, la diversité et les interactions des problèmes de cultures associées nous amèneront à requérir une approche globale des solutions les plus appropriées. En un mot, nos réflexions devront viser à dégager des solutions qui permettront aux producteurs d'améliorer la rémunération de leur travail.

Je reste, pour ma part, convaincu que par la profondeur de nos discussions, nous aboutirons, au terme de nos travaux, à des recommandations pertinentes et réalistes, lesquelles constitueront pour la recherche et le développement, une source d'inspiration pour leurs programmes d'action futurs.

Je vous remercie.

Bamako, 15 septembre 1987.

MILIEU PHYSIQUE

AGROCLIMATOLOGIE DU MALI

Birama Diarra, Bruno Lidon, Seydou Traoré et Serge Valet

Agrométéorologue, Direction nationale de la météorologie, hydraulicien, agroclimatologue et agropédologue du Projet sol-eau-plante.

INTRODUCTION

Le Mali, pays enclavé, s'étend sur environ 1,24 million de km², soit 4,2% de la superficie totale du continent africain. Ce pays à moitié aride, est situé entre les latitudes 10° à 26° Nord et les longitudes 12° Ouest à 4° 15' Est. Le Mali est borné au Nord par la Mauritanie et l'Algérie, à l'Est et au Sud-Est par le Niger, au Sud par le Burkina Faso et la Côte d'Ivoire, au Sud-Ouest par la Guinée et à l'Ouest par le Sénégal.

Dans les pays tropicaux semi-arides tels que le Mali, la pluviométrie variable et aléatoire pendant la période végétative a une incidence sur le potentiel agricole d'autant plus que la demande atmosphérique reste toujours élevée. Il faut donc bien comprendre ce rapport étroit entre le climat et les systèmes de production agricole, en particulier la variation des rendements qu'entraînent les aléas du climat. Une description et une analyse adéquate des paramètres climatiques s'avèrent donc nécessaires à l'application des connaissances agrométéorologiques en vue d'une amélioration des systèmes de production agricole (Sivakumar, Konaté et Virmani 1984). Aussi, cette étude porte essentiellement sur deux points très importants:

Premier point

Une description détaillée et une analyse probabiliste de la pluviométrie au Mali, les autres paramètres (température, insolation, etc.) variant presque toujours dans les normes permettant un bon développement des cultures dans la sous-région

Deuxième point

Un zonage agroclimatique basé essentiellement sur le bilan hydrique qui prend en compte outre la pluviométrie, les différentes réserves utiles des sols et la demande évaporative du climat (évapotranspiration ETP).

CARACTERISATION GENERALE DE LA PLUVIOMETRIE AU MALI

Saisons et types de temps

Les différentes saisons sont caractérisées par le déplacement de la zone de convergence intertropicale (ZCI) qui est liée aux centres d'action semi-permanents et quasi stationnaires:

anticyclone des Açores, de Libye et de Sainte-Hélène.

Deux saisons avec des périodes de transition existent (Konaré et Konaté 1976).

Saison sèche

La ZCI est située entre 5° et 10° N dans le Sud du Mali dominé par l'harmattan. Sa durée varie entre six et neuf mois du Sud au Nord, caractérisé par des brumes sèches, des tourbillons et des tempêtes de sable.

Périodes intersaisonnières

La ZCI en pleine activité oscille entre 10° et 15° N, avec des passages nuageux apportant des orages sporadiques et des averses brusques en fin de journée. En général, ces périodes ne sont ni sèches ni pluvieuses (c'est la période des manges).

Saison humide

Les averses de la mousson se succèdent créant deux types de temps:

- Les lignes de grains caractéristiques du Sahel sont axées du Nord au Sud sur une distance de 500 km souvent plus de 750 km et s'accompagnent d'Est à l'Ouest de vents forts et de pluies abondantes parfois catastrophiques;

- Le régime de mousson domine la saison des pluies. Les vents humides de l'Ouest provenant du Golfe de Guinée entrent vers 20° N et intéressent toute la moitié méridionale du Mali. Le régime s'intensifie pendant le mois d'août lorsque le ciel est couvert de nuages parfois denses produisant des pluies modérées ou des averses orageuses.

Régime pluviométrique

Pluviosité annuelle

Au Mali, la pluviométrie moyenne annuelle est très variable du Nord au Sud et les isohyètes sont presque parallèles (Figure 1).

En général, sur la période (1950-1985), la pluviométrie a varié de 79 mm à Tessalit au Nord contre 1362 mm à Goualala au Sud. Les écarts-types 325 mm et les coefficients de variation 46% sont par conséquent très importants.

Au Nord du 16° N, la région est complètement sèche, tandis qu'au Sud les isohyètes marquent un fort gradient, 400 à 1300 mm.

Cette grande variabilité de la pluviométrie du Nord au Sud entraîne à l'Ouest, dans la région de Kayes, un gradient abrupt 570 mm à Yélimané au Nord et 1337 mm à Satadougou au Sud. Ce gradient abrupt est absent à l'Est (Virmani et al) dû à la

vitesse de déplacement plus importante de la ZCI à l'Est qu'à l'Ouest.

L'analyse fréquentielle de la pluviométrie annuelle montre une dégradation ces dernières années (comparaison série 1970-1985 fréquence 5/10 et 1950-1985 fréquence 8/10, Figure 2).

Elle se caractérise au niveau du Mali par un déficit inégalement réparti suivant la latitude variant de 6 à 33% (au seuil atteint ou dépassé 8 années sur 10).

Pluviométrie mensuelle

Les résultats de l'analyse fréquentielle mensuelle de la pluviométrie 1970-1985 étagés en latitude comparés à la demande évaporative (ETP Penman) font apparaître une répartition plus aléatoire de la pluviosité en début de saison des pluies avec pour conséquence d'entraîner un retard des possibilités de semis. (Sivakumar, Konaté et Virmani 1984). Ce retard s'accuse fortement avec la latitude, à partir de la zone de Sotuba (Bamako).

L'étude de la pluviosité a ses limites, par conséquent, seul le calcul du bilan hydrique permet une approche plus fine et plus réelle de l'eau mise à la disposition des cultures.

ZONAGE DE BASE DES POTENTIALITES AGRO-PEDOCLIMATIQUES

Objectif

La dégradation climatique caractérisée par une importante baisse de la pluviosité est maintenant un état de fait depuis 17 ans.

Cette étude a pour objet de faire apparaître la dégradation du bilan hydrique et de montrer ainsi la baisse des potentialités agro-pédoclimatiques. Elle débouchera sur la détermination des zones de référence pour lesquelles les nouvelles potentialités seraient identiques.

Méthodologie

Simulation du bilan hydrique potentiel

Elle est basée sur une caractérisation des conditions de l'offre hydrique à la culture par l'établissement selon une échelle de temps pendataire du bilan hydrique dans tous ses termes.

$$P - D + H - ETR = 0$$

où:

P : Précipitations

D : Drainage

H : Variation du stock hydrique du sol

ETR: Evapotranspiration réelle.

Le calcul de ces termes est effectué à l'aide d'un modèle de

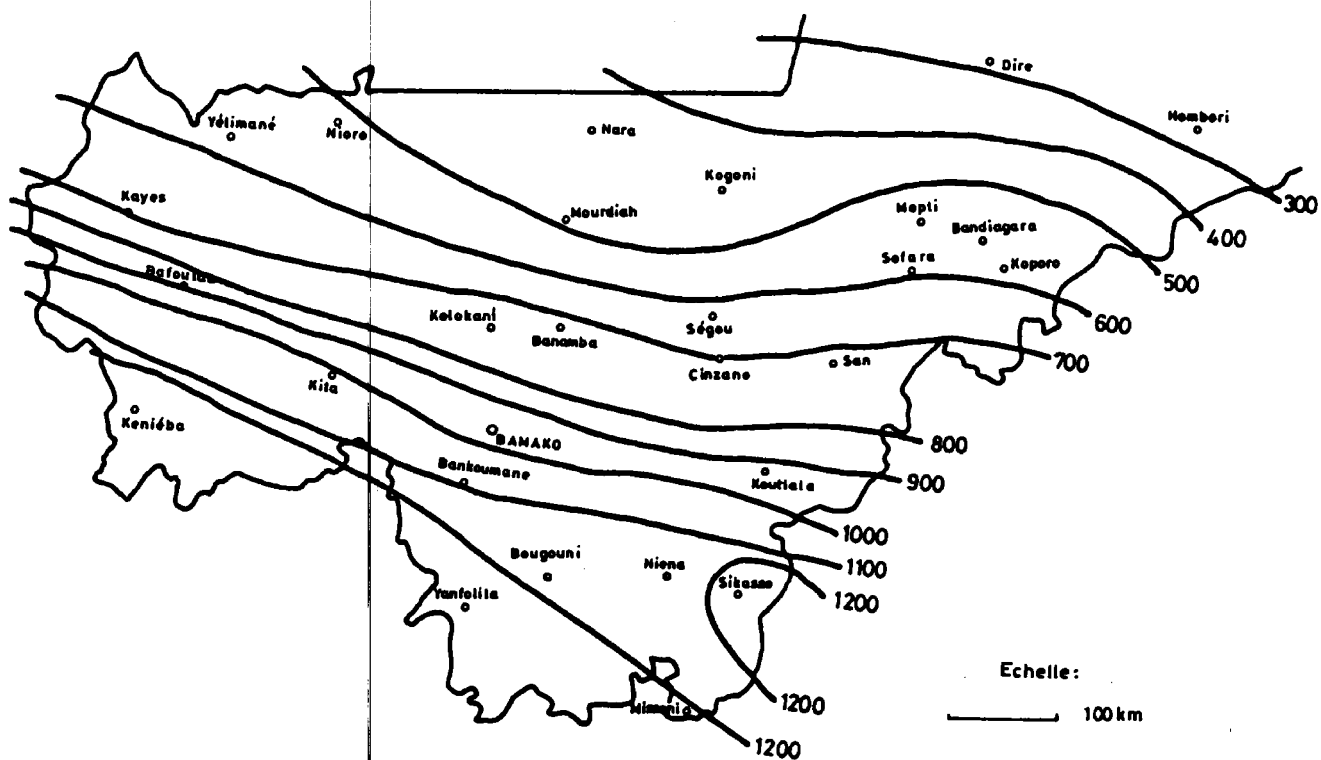


Figure 1. Pluviométrie annuelle mm (moyenne sur la période 1950 - 1985)

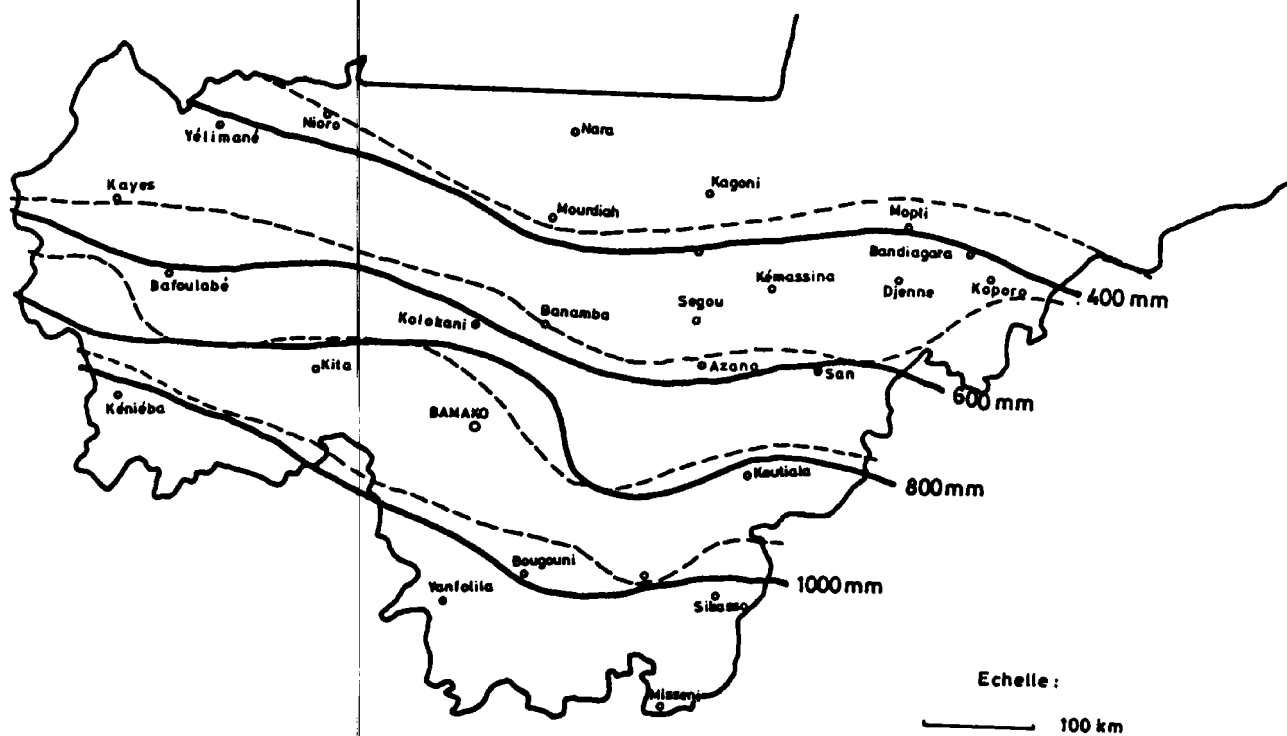


Figure : 2 Pluviométrie annuelle , mm dépassée :

- 6 , 10 ans 1950 - 1985
- - - 5 , 10 ans 1970 - 1985

simulation informatisé (logiciel BHYZON) qui utilise les données climatiques et hydropédologiques suivantes:

- Pluviométrie journalière;
- Evapotranspiration potentielle;
- Réserve en eau utile du sol (50 mm, 100 mm, 150 mm).

Découpage de la saison des pluies

La saison des pluies "utile" est découpée par le modèle en six périodes caractéristiques qui sont:

- 1) Préparation du sol au plus tôt;
- 2) Semis au plus tôt;
- 3) Croissance et développement végétatif;
- 4) Pleine végétation et reproduction;
- 5) Remplissage maturation;
- 6) Fin de l'hivernage utile.

La possibilité de réaliser un travail ou le passage d'une phase physiologique à l'autre sont déterminés par le modèle grâce à des seuils pluviométriques et de satisfaction hydrique (Tableau 1).

Outre les différentes phases ci-dessous décrites, le logiciel calcule:

- La durée de la saison des pluies utiles;
- La durée du cycle optimal de culture (en bornant à 20 jours maximum la période semis-levée générale);
- Les périodes déficitaires au cours des phases pleine végétation et maturation.

Résultats de la simulation

Les simulations du bilan hydrique potentiel ont été réalisées à partir des données pluviométriques journalières de 71 stations pluviométriques du Mali pour lesquelles nous disposons de fichiers homogènes.

Deux périodes caractéristiques ont été retenues:

- Une période "normale" allant de 1950 à 1985 sur laquelle les stations ont des données sur plus de 30 ans;
- Une seconde période considérée comme période de "sécheresse" allant de 1970 à 1985.

L'ensemble des résultats de sortie a été analysé fréquemment et a permis en tenant compte de la variabilité interannuelle de la pluviométrie de distinguer sept zones agroclimatiques de référence (pour une réserve utile de 100 mm).

Tableau 1. Seuils de passage d'une période à l'autre utilisée par le modèle BHYZON

Périodes	$P_i + RS(I-1)^1$	ETR_i/ETP_i^2	ETR/ETP glissant
Préparation du sol au plus tôt	>20 mm	-	>0,1
Semis au plus tôt- levée générale	-	>0,5	>0,3
Croissance et développement végétatif	-	>0,5	>0,5
Pleine végétation- production	-	-	>0,8
Remplissage-maturation	-	-	>0,7 ³
Fin remplissage-maturation	-	-	>0,4
Labour de fin de cycle	-	<0,06	<0,18
Périodes déficitaires:			
- Sur la phase de pleine végétation-reproduction	-	>0,80	-
- Sur la phase remplissage-maturation	-	>0,55	-
1. $P_i + RS(I-1)$: pluie de la pentade considérée+ réserve en eau utile de la pentade précédente.			
2. Satisfaction de la demande évaporative pendant la pentade considérée.			
3. Sur deux pentades successives et jamais avant le 20 août.			

Zonage de base

L'analyse fréquentielle de la durée du cycle optimal de la culture sur les deux périodes de référence (1970-1985 et 1950-1985) nous a permis de distinguer sept zones agroclimatiques de référence (Figure 3).

Les longueurs de cycles choisis correspondent dans la mesure du possible aux longueurs de cycle des principales variétés locales ou sélectionnées au Mali. Le Tableau 2 décrit les principales caractéristiques de ces sept zones sur le territoire du Mali.

Caractéristiques générales de la Zone I

Situation: Elle occupe le Sud et le Sud-Ouest du pays et est limitée au Nord par la ligne Kéniéba, Bankoumana, Niena avec une inflexion vers Bougouni.

Pluviométrie: Sur la période 1950-1985 à la fréquence 0,5 la pluviométrie y est supérieure ou égale à 1100 mm. Sur la période 1975-1985 à la fréquence 0,5 la pluviométrie y est supérieure ou égale à 1000 mm.

Durée de cycle: La durée de cycle optimal est supérieure à 130 jours 8 années sur 10 sur la période 1970-1985 et supérieure à 140 jours pour la même fréquence sur la période 1950-1985 (pour une RU de 100 mm). A l'extrême Sud pour la période 1970-1985 pour les mêmes fréquences et réserves utiles on atteint 155 jours.

Date de semis: Le semis est réalisé sur la période 1970-1985 avant la 3ème pentade de juin (8 années sur 10). On notera que pour l'ensemble des zones la période de référence 1970-1985 ou 1950-1985 a eu peu d'influence sur la date de semis.

Fin d'hivernage utile: La date de fin d'hivernage utile se situe à la troisième pentade d'octobre à l'Est et une pentade plus tard à l'Ouest (fréquence dépassée 8 années sur 10 sur la période 1970-1985).

Effet de la réserve utile: Une variation de 50 mm de la réserve en eau utile du sol permet de gagner ou de perdre dix jours de cycle optimal (défini pour une RU de 100 mm fréquence dépassement 0,8 période 1970-1985).

Caractéristiques générales de la Zone II

Situation: Sa limite Nord s'étend du 12ème parallèle à l'Est au 13ème à l'Ouest.

Pluviométrie: Sur la période de 1950-1985 à la fréquence 0,5 la pluviométrie est comprise entre 900 et 1100 mm. Sur la période de 1970-1985 à la fréquence 0,8 la pluviométrie est comprise entre 850 et 1000 mm.

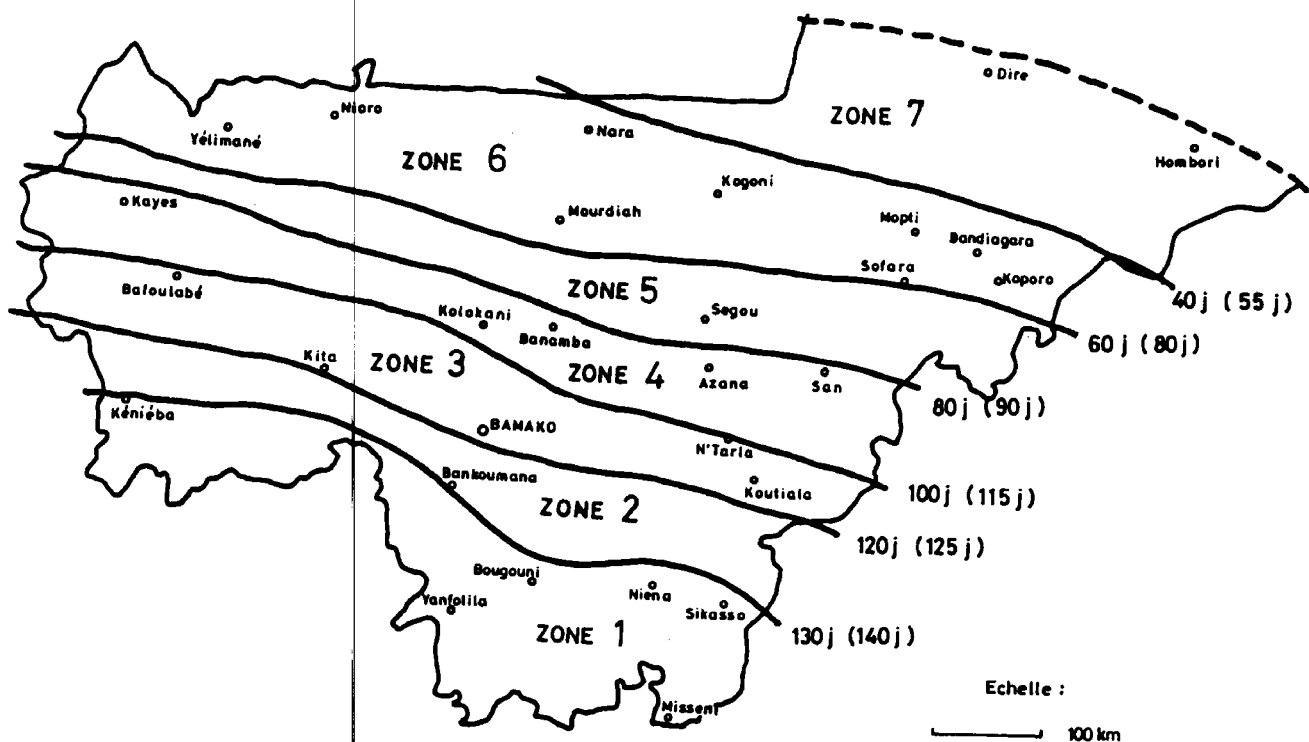


Figure : 3 Carte des zones agropédoclimatiques de référence.

100 jrs : Durée du cycle optimal de culture atteinte ou dépassée 8 années sur 10 sur la période (1970-1985)
 (140 jrs) : Durée du cycle optimal de culture atteinte ou dépassée 8 années sur 10 sur la période (1950-1985)

Tableau 2. Zonage des potentialités agro-pédo-climatiques du Mali

Date de préparation du sol au plus tôt			Durée du cycle optimal de culture (jours)										Date ultime de labour de fin de cycle	
Zones	N ¹	S ²	Date de semis au plus tôt		Période normale			Période de sécheresse						
					RU ³ 50	RU 100	RU 150	RU 50	RU 100	RU 150				
N	S										N	S		
I	Avant 16/04	Avant 01/05	Avant 05/05	Avant 01/06	>160	>170	>180	>150	150	>160	Après 05/11	Après 05/11		
II Est	16/04-10/05	01/05-20/05	05-31/05	01-20/06	135-160	145-160	150-180	110-140	120-150	125-160	10/10-05/11	20-25/10		
II Ouest	16/04-05/06	01/05-10/06	06/05-15/05	01-20/06	130-160	140-165	145-175	110-140	120-150	125-160	10/10-05/11	20-25/10		
III Est	10/05-15/05	20/05-25/05	31/05-05/06	20-25/06	120-135	130-145	130-150	100-110	100-120	105-120	15-20/10	01/10-10/10		
III Ouest	05/06-15/06	10/06-15/06	15/05-25/05	20/06-05/07	120-130	130-140	130-145	70-110	100-120	95-125	15-20/10	05-10/10		
IV Est	15/05-25/05	25/05-10/06	05-20/06	25/06-05/07	100-125	115-130	115-130	75-100	80-100	85-105	10-15/10	20/09-01-10		
IV Ouest	15/06-30/06	15/06-30/06	20/06-05-07	05/07-25/07	100-120	100-125	115-125	60-70	80-100	95-100	10-15/10	15/09-05/10		
V Est	25/05-30/05	10/06-20/06	20/06-05/07	05-20/07	90-100	100-105	105-115	55-70	60-80	60-85	05-10/10	05-20/09		
V Ouest	30/06-05/07	30/06-05/07	05-15/07	15-25/07	90-100	97-100	105-115	55-70	60-80	60-90	10-15/10	01-15/09		
VI Est	30/05-05/06	20/06-30/06	05/07-15/07	20/07-01/08	70-90	60-97	60-105	40-55	40-55	45-60	25/09-05/10	25/08-05/09		
VI Ouest	Après 05/07	05/07-20/07	15/07-25/07	25/07-05/08	50-90	60-97	60-105	40-55	40-55	45-60	25/09-05/10	15/08-01/09		
VII Est	Après 05/06	Après 30/06	Après 15/07	Après 01/08	<70	<60	<60	<40	<40	<45	Avant 25/09	Avant 25/08		
VII Ouest	Après 05/07	Après 20/07	Après 25/07	Après 05/08	<50	<50	<60	<40	<40	<45	Avant 25/09	Avant 15/08		

1. Période normale: 1950-1985 5 années sur 10.
 2. Période de sécheresse: 1970-1985 8 années sur 10.
 3. RU: Réserve en eau utile du sol (mm).

Durée de cycle: La durée de cycle optimal est comprise du Nord au Sud entre 120 et 130 jours (fréquence 0,8, période 1970-1985).

Date de semis: La date de semis est réalisée avant la 4ème pentade de juin à l'Est et la 5ème pentade de juin à l'Ouest (fréquence 0,8).

Fin d'hivernage utile: La date de fin d'hivernage utile se situe à l'Est, du Nord au Sud, de la 2ème pentade à la 4ème pentade d'octobre. A l'Ouest, du Nord au Sud, la fin de l'hivernage utile se situe de la 2ème à la 3ème pentade d'octobre (fréquence 0,8).

Effet de la réserve utile: Une variation en moins de 50 mm de la réserve en eau utile diminue de 20 jours le cycle optimal, une augmentation de 50 mm l'allonge de 15 jours (cycle optimal défini pour une RU de 100 mm fréquence dépassement 0,8 période 1970-1985).

Caractéristiques générales de la Zone III

Situation: Environ trois fois moins large que la précédente, elle est limitée au Nord par la ligne Bafoulabé, N'Tarla.

Pluviométrie: Sur la période 1950-1985 à la fréquence 0,5 la pluviométrie est comprise entre 820 mm et 900 mm, sur la période 1970-1985 à la fréquence 0,5 la pluviométrie varie entre 760 mm à 850 mm.

Durée de cycle: La durée de cycle optimal est comprise du Nord au Sud entre 100 et 120 jours (fréquence 0,8 période 1970-1985) et entre 115 et 125 jours (fréquence 0,8, période 1950-1985).

Date de semis: Le semis est réalisé à l'Est avant la 3ème pentade de juin, à l'Ouest avant la première de juillet (fréquence 0,8).

Fin d'hivernage utile: La date de fin d'hivernage utile se situe à l'Est du Nord au Sud de la 1ère pentade d'octobre à la 2ème pentade d'octobre. A l'Ouest, elle se situe de la 1ère à 3ème pentade d'octobre (fréquence 0,8).

Effet de la réserve utile: Une variation en plus ou en moins de la réserve utile diminue de 25 jours le cycle optimal (23%), une augmentation de même importance de la RU entraîne un allongement de 20 jours (18%) (cycle optimal 110 jours défini pour une RU de 100 mm fréquence dépassement 0,8, période de 1970-1985).

Caractéristiques de la Zone IV

Situation: Sa limite Nord passe par une ligne au Nord de Kayes, Banamba et San. Son étendue est comparable à la zone précédente.

Pluviométrie: Sur la période 1950-1985, à la fréquence 0,5 la pluviométrie est comprise entre 700 et 820 mm. Sur la période 1970-1985, à la fréquence 0,5, la pluviométrie est comprise entre 760 et 550 mm.

Durée du cycle: La durée du cycle optimal est comprise du Nord au Sud entre 80 et 100 jours (fréquence 0,8, période 1970-1985) et comprise entre 90 et 115 jours (fréquence 0,8, période 1950-1985).

Date de semis: Le semis est réalisé à l'Est avant la première pentade de juillet et à l'Ouest avant la troisième de juillet (fréquence 0,8).

Fin de l'hivernage utile: La date de fin de l'hivernage utile se situe à l'Est du Nord au Sud de la quatrième pentade de septembre à la première d'octobre (fréquence 0,8).

Effet de la réserve en eau utile: Une variation en plus ou moins de 50 mm de la réserve en eau diminue de 10 jours le cycle optimal (13%). Une augmentation de la RU (de 50 à 100 mm) entraîne un rallongement de 10 jours de l'hivernage utile. De 100 à 150 mm on observe aucun allongement (fréquence 0,8 1970-1985).

Caractéristiques de la zone V

Situation: La zone V, de même importance que la précédente, est limitée au Nord par une ligne passant entre Kayes et Yélimane et le Sud de Sofara.

Pluviométrie: Sur la période 1950-1985, à la fréquence 0,5, la pluviométrie est comprise entre 550 et 500 mm, et comprise entre 500 et 450 mm pour la période sèche.

Durée de cycle: La durée de cycle optimal est comprise du Nord au Sud entre 60 et 80 jours (fréquence 0,8, période 1970-1985) et comprise entre 80 et 90 jours (fréquence 0,8, période 1950-1985).

Date de semis: Le semis est réalisé à l'Est avant la 3ème pentade de juillet, à l'Ouest avant la 5ème pentade de juillet (fréquence 0,8).

Fin de l'hivernage utile: La date de fin de l'hivernage utile se situe à l'Ouest du Nord au Sud de la 4ème pentade de septembre à la 6ème de septembre et à l'Est de la 3ème à la 4ème de septembre (fréquence 0,8).

Effet de la réserve en eau utile: Une variation de 50 mm en moins fait perdre 10 jours sur le cycle optimal (13%). Une augmentation de la RU au-dessus de 100 mm n'entraîne aucun rallongement. Sur la durée de l'hivernage utile cette baisse entraîne une diminution de 10 à 15 jours.

Caractéristiques de la Zone VI

Situation: Elle est deux fois plus étendue que la zone précédente. Elle est limitée au Nord par une ligne passant au Nord de Nara, et Niampala et Diougani.

Pluviométrie: Sur la période 1950-1985, à la fréquence 0,5, la

pluviométrie à l'Ouest est comprise entre 550 mm et 400, et 500 mm et 300 mm à l'Est, et 450 mm à 350 mm à l'Est en période sèche.

Durée de cycle: La durée de cycle optimal est comprise entre 40 et 60 jours du Nord au Sud (fréquence 0,8, période 1970-1985), et entre 55 et 80 jours (fréquence 0,8, période 1950-1985).

Date de semis: Le semis est réalisé à l'Est avant la 6ème pentade de juillet, à l'Ouest la 2ème pentade d'août.

Fin de l'hivernage utile: La date de fin d'hivernage utile se situe à l'Est du Nord au Sud de la 5ème pentade d'août à la 2ème de septembre (fréquence 0,8).

Effet de la réserve en eau utile: Une augmentation de la réserve de 50 mm entraîne un allongement du cycle optimal de 5 jours (9%), au-delà de 100 mm la réserve n'a plus d'effet sur l'allongement du cycle. Pour l'hivernage utile au-dessus de 50 mm la réserve n'a plus d'effet.

Caractéristiques de la Zone VII

Situation: Cette zone se situe au-dessus de la précédente et correspond à la limite de l'agriculture pluviale stricte.

Pluviométrie: Sur la période 1950-1985, à la fréquence 0,5 la pluviométrie est comprise entre 450 et 250 mm. Sur la période 1970-1985, à la fréquence 0,5, la pluviométrie est comprise entre 350 et 200 mm.

Durée de cycle: Elle est inférieure à 40 jours (fréquence 0,8 période 1970-1985) et 55 jours (fréquence 0,8 période 1950-1985).

CONCLUSION

L'analyse des résultats de la simulation des bilans hydriques sur deux périodes climatiques (1950-1985 et 1970-1985), à trois niveaux de réserve en eau utile du sol nous permet:

1. De découper le territoire du Mali en sept principales zones agro-pédoclimatiques homogènes;
2. De constater une avancée progressive de la saison de culture du Sud au Nord et d'Est en Ouest;
3. De constater une dégradation de la situation pluviométrique au cours de la période 1970-1985 par rapport à la normale, ce qui a pour effet, le décalage et la réduction des délais des différentes opérations agricoles.
4. De faire apparaître l'importance que peut avoir le réservoir sol pour l'achèvement du cycle végétatif des cultures.

Une carte de différentes zones agro-pédoclimatiques (Figure 3) a été établie. Cela constitue une nouvelle approche par rapport aux zonages précédents, qui se basaient essentiellement sur des critères purement climatiques ou phytogéographiques. Ce zonage, qui ne renseigne que sur les potentialités agro-pédoclimatiques du Mali, doit être complété par un zonage par culture, et par association de cultures; dans ce dernier cas, la connaissance de leurs besoins globaux en eau est primordiale et nécessite la détermination de leurs coefficients culturaux que le projet se propose de faire dans l'avenir. Ce zonage peut servir de référence:

- pour déterminer la représentativité des points d'essai de la recherche agronomique;
- aux sélectionneurs pour réorienter la répartition des différentes cultures;
- aux développeurs et planificateurs pour le choix des spéculations et des zones à promouvoir en recoupant ces résultats avec des cartes contenant des informations morphopédologiques, démographiques d'occupation des terres.

BIBLIOGRAPHIE

Konaré, K., et Konaté, M. 1976. Contribution à une étude agrométéorologique du Mali. Thèse d'ingénieur civil de la météorologie. Ecole Nationale de la Météorologie, Paris.

Sivakumar, M.V.K., Konaté, M., et Virmani S.M. 1984. Agroclimatologie de l'Afrique de l'Ouest: le Mali. Bulletin d'information no 19. Patancheru, A.P. 502 324, Inde: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

Virmani, S.M., Reddy, S.J., et Bose, M.N.S., 1980. A handbook on the rainfall climatology of West Africa: Data for selected locations. Information Bulletin No 7. Patancheru, A.P. 502 324, Inde: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

AGRONOMIE

CULTURES ASSOCIEES AU MALI PROGRES DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE

S.V.R. Shetty, B. Keita, A. Coulibaly et I. Kassambara

Agronome principal et agronomes associés,
Projet ICRISAT/Mali, B.P. 34, Bamako, Mali.

INTRODUCTION

Planter deux ou plusieurs cultures simultanément sur une même parcelle, au cours de la même saison, est la pratique la plus courante chez les paysans des zones semi-arides. L'importance des cultures associées, systèmes où intervient d'une façon significative la concurrence interspécifique a été longtemps reconnue, et spécialement en agriculture pluviale.

L'association des cultures peut non seulement offrir un avantage substantiel au niveau du rendement total, mais aussi une plus grande stabilité des rendements au cours de plusieurs saisons (Willey 1979). En agriculture pluviale, la raison principale de la pratique des cultures associées est sans doute la réduction des risques d'échec culturel. Mais d'autres raisons existent: l'association de cultures de cycles différents permet une répartition plus uniforme des forces de production; l'association des cultures vivrières avec les cultures de rente permet d'assurer à la fois la subsistance et un revenu monétaire non négligeable; et enfin, les céréales et les légumineuses sont souvent associées, non seulement pour des raisons diététiques, mais aussi pour l'effet bénéfique de la fixation de l'azote par les légumineuses pour les céréales (ou toute autre culture).

Généralement, on pense que les avantages majeurs de l'association sont assurés par:

- Une meilleure utilisation des ressources;
- Une incidence moindre des insectes et des mauvaises herbes;
- Une amélioration du niveau d'azote, en présence d'une légumineuse.

Le premier des avantages cités a déjà fait ses preuves, et il est probablement le plus important dans l'agriculture pluviale des zones semi-arides (Willey 1979). Bien que la majeure partie des travaux sur les cultures associées ait été effectuée au début du siècle, leur intérêt fut toujours minimisé jusqu'à présent (Baker 1975, Willey 1979), à cause des difficultés d'expérimentation et parce qu'elles se confinaient à l'agriculture de subsistance. L'association des cultures est souvent considérée comme une "nuisance", car trop traditionnelle pour être améliorée et dépourvue de tout intérêt. Cependant, le nombre de projets conduits sur les associations s'est considérablement accru pendant la dernière décennie, cela afin

d'accroître la production alimentaire dans les zones semi-arides, mais aussi pour savoir si cette pratique est plus performante que la monoculture et si elle est une exploitation plus rationnelle des ressources disponibles.

Le Centre ICRISAT, à Hyderabad en Inde, a pour mandat de conduire des recherches utiles aux paysans les plus démunis. Ses chercheurs ont débuté leurs travaux sur les cultures associées immédiatement après la création de l'Institut en 1973. Une approche scientifique de recherche sur les cultures associées a été adoptée pour comprendre et améliorer cette méthode de production agricole. Les principaux objectifs du Centre ICRISAT ont été l'identification des principes de base et des paramètres utiles et le développement d'une méthodologie de recherche de base. Une masse considérable d'informations sur les méthodologies et approches est disponible dans les domaines de la physiologie végétale, de l'agronomie, de la stabilisation des rendements, de la fertilisation par les légumineuses et de la protection des végétaux (Willey 1979). Suite à cette expérience, le Projet ICRISAT/Mali a débuté ses recherches sur les cultures associées au cours de la campagne agricole 1977-78.

Dans ce document, nous faisons la synthèse de nos résultats sur les cultures associées au cours de ces dix dernières années. Dans cette optique, nous décrirons d'abord les systèmes traditionnels, puis nous exposerons les résultats obtenus en station, afin de dégager un ensemble de technologies pour les systèmes éprouvés. Enfin, nous tenterons d'identifier quelques domaines de recherche susceptibles de fournir des résultats optimisant l'utilisation des ressources.

LES CULTURES ASSOCIEES AU MALI: LE SYSTEME TRADITIONNEL

Les cultures associées occupent une place importante dans les systèmes de production agricole au Mali. Elles sont pratiquées dans toutes les zones de culture, sur des superficies souvent considérables. En vue d'évaluer l'importance des cultures associées au Mali et les techniques de production afférentes, l'ICRISAT/Mali a effectué des enquêtes au cours de la campagne 1977-78 dans quelques régions administratives du pays, soit: Koulikoro, Ségou, Sikasso et Mopti. Les informations recueillies ont permis d'orienter notre programme de recherche (Keita 1977).

Importance des cultures associées au Mali

D'une manière générale, les enquêtes ont montré que la fréquence des cultures associées est plus élevée que celle des cultures pures; et que les surfaces emblavées en cultures associées sont considérablement plus grandes que celles des cultures pures. Ces deux arguments permettent d'affirmer que près de 80% des superficies cultivées sont en cultures associées.

Les associations fréquemment rencontrées à travers les différentes régions sont les suivantes: céréale/céréale,

céréale/légumineuse et légumineuse/légumineuse. Les combinaisons interspécifiques sont nombreuses et variées. Cette combinaison est fonction de la région, par conséquent de la pluviométrie et des habitudes alimentaires. La liste suivante, non exhaustive, permet d'avoir une idée de la grande variabilité des types d'association: sorgho/niébé, sorgho/mil, sorgho/arachide, vouandzou/niébé, arachide/maïs, vouandzou/sorgho, sorgho/mil/niébé, sorgho/maïs/mil, sorgho/mil/vouandzou/maïs, maïs/sorgho, riz pluvial/maïs, mil/niébé/maïs, vouandzou/mil, arachide/mil, mil/courge, maïs/mil/niébé, sorgho/mil/niébé/oseille ou fonio/oseille. De toutes les associations rencontrées, celles qui incluent les céréales (sorgho, mil, maïs) sont les plus importantes en superficies emblavées (1-2 ha par champ). Le niébé est la légumineuse la plus courante dans les associations à base de céréales, la céréale étant toujours considérée comme la culture principale. Enfin, les variétés utilisées sont toujours des variétés locales de faible potentialité productive et photosensibles.

Techniques traditionnelles de production en cultures associées

Au Mali, l'essentiel de la production agricole provient des zones soudanienne et sahélo-soudanienne (entre les isohyètes 1400- 500 mm). Ce gradient pluviométrique conditionne la répartition spatiale des associations. Les associations à base de maïs sont exclusivement pratiquées au sud du pays (où la pluviométrie est voisine ou supérieure aux 1000 mm). Jusqu'à 600 mm, on rencontre les associations sorgho/niébé et mil/niébé. A partir de 500 mm, les systèmes à base de mil sont prédominants. Quant aux techniques culturales, elles sont aussi nombreuses et variées.

Arrangement de semis

On a observé des semis sans ordre défini, des semis dans le même poquet, des semis en poquets alternés et des semis en lignes alternées. Ces semis sont effectués sur labour à plat, sur billon, sur planche ou sur buttes. Quel que soit l'arrangement de semis, la proportion de la culture principale est toujours plus importante que celle de la culture dite secondaire.

Dates de semis des espèces

Deux dates de semis des cultures associées existent en milieu paysan: le semis simultané et le semis décalé. Dans le premier cas, les semences des espèces sont mélangées dans des proportions variables suivant l'importance de chaque espèce dans l'association (niébé dans sorgho/niébé ou mil/niébé). Tandis que dans le deuxième cas, le semis de la culture secondaire est décalé de quelques jours à quelques semaines, c'est le cas, par exemple du mil dans maïs/mil. Des décalages de 10 à 15 jours, souvent jusqu'à trois semaines, ont été observés dans plusieurs localités. Les variétés semées par les paysans dans leurs associations sont toujours des cultivars bien adaptés à leur zone de culture.

Densité des espèces

La densité de semis est souvent faible en culture associée. La densité du maïs varie de 15 000 à 20 000 plants/ha. Les densités de sorgho et de mil varient respectivement entre 20 000 à 30 000 plants/ha et 15 000 à 25 000 plants/ha. Quant au niébé, sa densité varie de 5000 à 13 000 plants/ha. Ces densités peuvent légèrement varier selon les zones pluviométriques.

Fertilisation

La plupart des paysans fertilisent leurs champs avec du fumier en quantité généralement insuffisante. Ce fumier provient de diverses sources. On citera: le fumier d'étable, le compost naturel constitué d'anciennes ordures de diverses origines et enfin les chaumes brûlées ou en paillis dans les champs. L'application des engrais chimiques est très rare. Les rendements demeurent faibles: 0,8 à 1 t/ha pour le mil et le sorgho, 1 à 2 t/ha pour le maïs.

Conclusion

Le niveau relativement bas des rendements montre le caractère de subsistance du système traditionnel. Le rendre à la fois performant et productif revient à rationaliser les techniques traditionnelles. C'est l'objectif du Projet ICRISAT/Mali depuis 1977. Dans le cadre de cette recherche, les facteurs agronomiques importants (variétés, dates de semis et de récolte, fertilisation, densité, etc.) furent d'abord étudiés pour les systèmes de cultures maïs/mil, sorgho/niébé, mil/niébé, puis étendus aux nouveaux systèmes, tels que céréale/arachide.

CHOIX DES SYSTEMES DE CULTURE ET METHODOLOGIE

Choix des systèmes de culture

Tenant compte des enquêtes effectuées, nous avons choisi les systèmes représentatifs suivants pour notre recherche en station (Figure 1):

- Céréale/niébé (sorgho/niébé, mil/niébé);
- Céréale/arachide (sorgho/arachide, mil/arachide);
- Céréale/céréale (maïs/mil);
- Systèmes divers (maïs/mil/niébé).

Les caractéristiques de ces systèmes sont présentés au Tableau 1. Nous avons d'abord concentré nos efforts sur les associations céréale/niébé, pour ensuite entamer l'étude des associations maïs/mil au début des années 1980. Les études sur les associations céréale/arachide ont commencé en 1985. Avant de débiter les recherches, nous avons établi un certain nombre de principes:

- Nous avons considéré l'association comme une seule culture

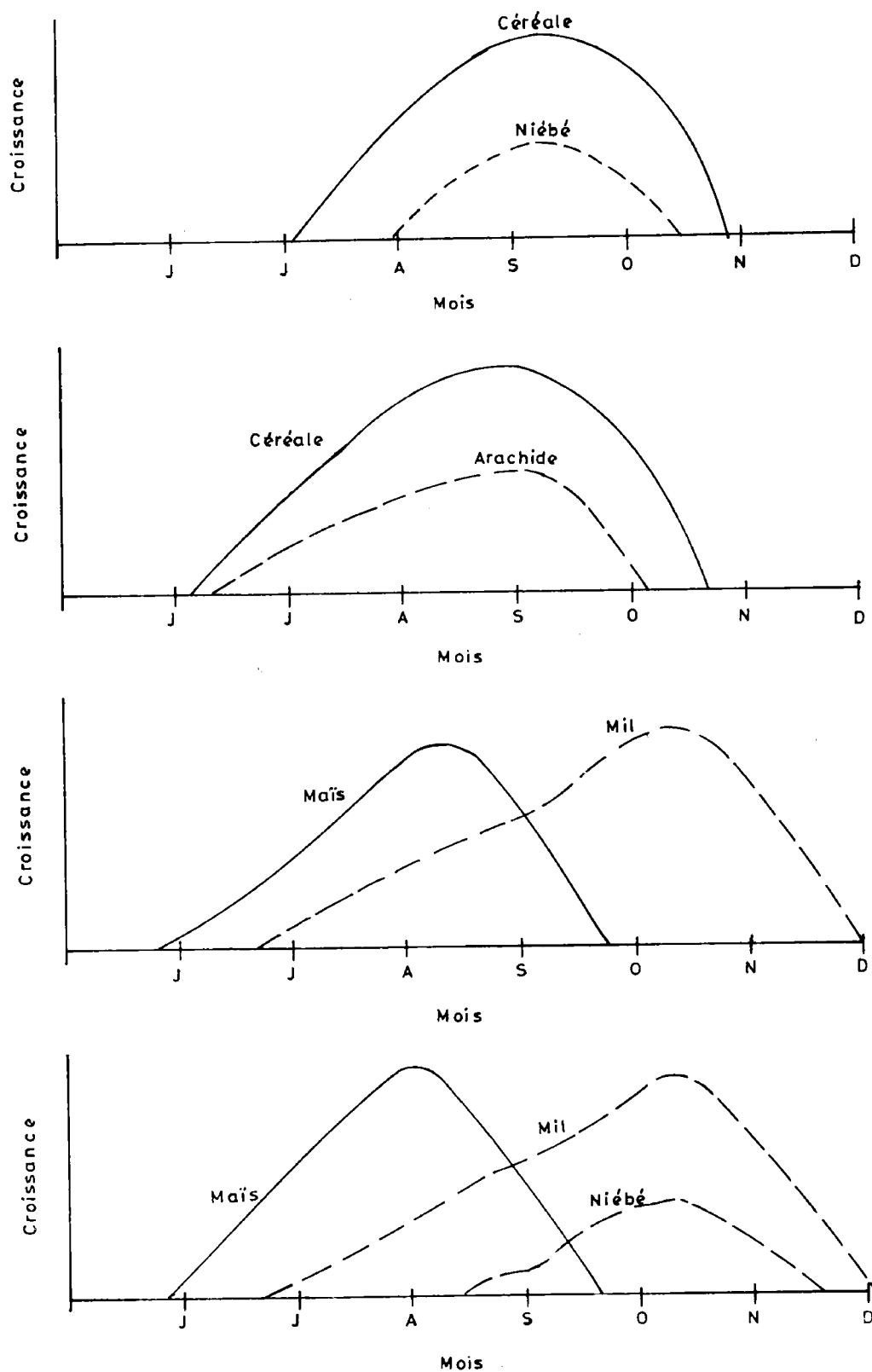


Figure 1. Représentation schématique des différents systèmes d'associations étudiés au Mali.

Tableau 1. Quelques caractéristiques importantes des systèmes étudiés.

Systèmes	Importance par région	Type	Récolte et cycle de développement	Culture principale	Degré de rentabilité
Mil/niébé	Très important au Nord et au Centre	Céréale/légumineuse	Niébé d'abord, ensuite céréale	Mil	Bon
Sorgho/niébé	Très important dans tout le Mali	Céréale/légumineuse	Niébé d'abord, ensuite céréale	Sorgho	Bon
Maïs/mil	Très important au Sud	Céréale/céréale	Maïs, ensuite mil, utilisation efficace des ressources	Maïs	Supérieur
Céréale/arachide	Peu connu, potentialité élevée dans les zones arachidières	Céréale/légumineuse (culture vivrière/de rente)	Arachide, ensuite céréale	Arachide	Très bon
Maïs/mil/niébé	Peut être important au Sud	Trois cultures	Maïs, niébé, mil	Maïs	Très bon

et, par conséquent, son amélioration doit tenir compte des facteurs agronomiques et variétaux;

- Une des cultures du système est toujours considérée comme culture principale et l'autre comme culture secondaire. Le but est de maintenir le rendement optimal de la culture principale, tout en améliorant celui de la culture secondaire;

- Notre objectif premier a été d'améliorer le système et non pas de comparer ses performances avec celles de la culture pure et de tester les effets des traitements sur l'association et non pas sur la culture pure;

- Nous avons également essayé de limiter l'utilisation des intrants agricoles à un niveau bas. L'emploi des produits phytosanitaires a été rare;

- En général, tout le travail d'amélioration a porté sur le rendement en grains. L'aspect agro-pastoral n'est toujours pas pris en considération dans nos études.

Méthodologie

Pour évaluer efficacement les effets des différents facteurs agronomiques et leur interaction sur la productivité des cultures associées, les essais factoriels sont les plus efficaces. Ainsi pour tous nos essais, ce sont les dispositifs en factoriel qui ont été adoptés. Dans ces conditions, la culture pure est considérée comme un traitement additionnel. Du point de vue de l'analyse statistique, les rendements des différentes cultures de l'association sont analysés séparément, afin d'examiner objectivement les paramètres ne concernant qu'une espèce. Pour évaluer géographiquement les performances des systèmes, les essais furent conduits dans des zones agroécologiques différentes. Enfin, nous avons utilisé la notion de surface équivalente (SE ou LER = land equivalent ratio) pour comparer la rentabilité de l'association par rapport à la culture pure.

$$LER = \frac{\text{Rdt espèce 1 en association}}{\text{Rdtespècel en culture pure}} + \frac{\text{Rdt espèce 2 en association}}{\text{Rdtespèce2en culture pure}}$$

Si LER > 1, cela veut dire que l'association des deux cultures est physiologiquement avantageuse.

ETUDES AGRONOMIQUES DES ASSOCIATIONS

Associations céréales/niébé

De 1977 à 1981, les efforts de recherche ont été concentrés sur l'étude des associations sorgho/niébé et mil/niébé qui semblaient être les plus importantes.

Les facteurs étudiés durant ces cinq années de recherche

étaient les variétés de céréales et de niébé, les dates de semis des différentes espèces de l'association, l'arrangement de semis des espèces, les densités des espèces et la date de semis et de récolte du niébé. A l'issue de ces cinq ans de recherche sur ces différents facteurs, un bilan des résultats a été élaboré (Serafini et al 1982). Nous rappelons brièvement les différentes conclusions:

- Les comparaisons variétales ont montré des différences relativement faibles entre les variétés locales et améliorées de céréales. Mais, il faut remarquer que les programmes de sélection n'avaient alors pas assez de variétés améliorées disponibles. De plus, comme le niébé ne bénéficiait pas de traitement phytosanitaire nous avons seulement évalué le rendement en fanes;

- Le semis décalé du niébé est une pratique qui favorise la céréale. Cependant, ce semis ne doit pas être trop tardif, si l'on veut maintenir le rendement du niébé à un niveau acceptable. Un décalage de deux semaines serait optimal;

- Pour obtenir une meilleure productivité du système, il faut semer le niébé entre les lignes de la céréale. Cette pratique permet en plus d'envisager la mécanisation du système;

- Un accroissement de 22 à 51% du rendement de la culture secondaire, sans pour autant compromettre celui de la céréale, est possible en maintenant la densité du niébé entre 6250 et 25 000 plants/ha;

- La récolte du niébé entre 60 et 80 jours après sa germination améliore le rendement global de l'association.

Jusqu'en 1981, nous avons travaillé avec des variétés locales de céréales, des variétés locales et améliorées de niébé, les dates de semis et de récolte, les densités et l'arrangement spatial des associations. Le niébé ne bénéficiait pas de traitement phytosanitaire, ce qui défavorisait sans doute les variétés améliorées par rapport aux variétés locales. Nous avons toujours considéré les rendements en fanes faute de rendements intéressants en grains de niébé.

De 1982 à 1986, les études ont été orientées sur les effets de densité, l'aspect fertilisation, l'introduction de nouvelles variétés améliorées de céréales et de niébé, et le traitement phytosanitaire du niébé.

Nous pensons que l'introduction de nouvelles variétés améliorées de céréales et de niébé, ainsi que le traitement phytosanitaire du niébé, amélioreront les rendements des différentes espèces de l'association et augmenteront l'efficacité des engrais (Shetty et al 1986). En effet, la fertilisation azotée du mil et du sorgho améliore la productivité des systèmes, sans affecter le rendement en fanes du niébé. En 1984, l'effet du phosphore sur le rendement des associations mil/niébé et sorgho/niébé a été étudié. Comme l'azote, l'apport du phosphore

améliore les rendements du mil et du sorgho sans influencer ceux du niébé.

En 1985, neuf variétés de sorgho des programmes de sélection du Nigéria, du Burkina Faso et du Mali ont été étudiées pour leur performance en culture pure et cultures associées avec le niébé. En 1986, cet essai a été reconduit avec les sept variétés les plus performantes.

Tous les génotypes de sorgho ont été semés à la densité de 50 000 plants/ha en culture pure et cultures associées, et le niébé à la densité de 30 000 plants/ha. Les deux espèces étaient semées simultanément, afin de réaliser les conditions optimales de compétition interspécifique. Les résultats de ces deux dernières années ont montré que les génotypes améliorés de sorgho à haut potentiel de rendement, de cycle court ou moyen et de taille courte améliorent le potentiel productif de l'association sorgho/niébé, tandis que la variété locale (CSM 388) de haute taille et de cycle tardif a une action dépressive sur le niébé (Tableau 2). Notons enfin que le traitement phytosanitaire du niébé permet d'obtenir un rendement en grains.

Céréale/arachide

L'étude de ce système au Mali est très récente. En effet, c'est seulement en 1985 que nous avons associé l'arachide aux deux céréales de base (sorgho/arachide à Sotuba et Kita; mil/arachide à Kita et Cinzana). Cette distribution sur les sites correspond à la zone arachidière du Mali et aux régions de haute potentialité de ces deux céréales.

De nombreux facteurs agronomiques furent étudiés: densité des céréales et de l'arachide, date de semis, variété et fertilisation azotée des céréales.

Densité: L'augmentation de la densité de l'arachide a un effet positif sur ses rendements, sans pour autant affecter les rendements céréaliers de façon significative (Tableau 3).

L'augmentation de la densité de la céréale entraîne un accroissement substantiel du rendement céréalier au détriment des rendements de l'arachide, ceci à cause de la compétition accrue que livrent les fortes densités de céréales à l'arachide.

Date de semis de la céréale: La date de semis de la céréale a un effet significatif sur les rendements de l'arachide et de la céréale.

En général, le semis simultané des deux espèces avantage la céréale, tandis que le semis décalé de la céréale (au stade 3-4 feuilles de l'arachide) favorise la légumineuse. Les semis décalés (2-3 semaines) ont un effet significatif bénéfique sur les rendements de l'arachide. Comme l'arachide est sensible à la compétition précoce, un léger décalage dans le semis de la céréale permet un établissement rapide de l'arachide. Cependant, le semis

Tableau 2. Performance de géotypes améliorés de sorgho en culture pure et en association avec le niébé (ICRISAT 1986).

Géotypes	Hauteur cm	Jours 50% floraison	Rendement en grain du sorgho (kg/ha)		Rendement en grain du niébé ¹ (kg/ha)	Total LER
			Pure	Associée		
Malisor 84-1	225	64	2850	2430	430	1,22
Malisor 84-7	136	63	2150	1460	570	1,17
Malisor 84-3	181	63	1720	1410	425	1,19
S-34	207	71	2680	2150	435	1,18
S-35	226	63	3020	2370	430	1,15
82-S-50	199	71	2340	2300	380	1,31
CSM-388	511	92	1400	1370	420	1,36
ETM (+)	8	1		92		
CV (%)	5	15	-	33	17	-

1. Rendement en grain du niébé en culture pure = 1160 kg/ha.

Tableau 3. Performance du sorgho et du mil en association avec l'arachide, en 1985, à Sotuba et Kita (Shetty 1987).

Systèmes	Sorgho/Arachide						Mil/Arachide					
	Sotuba			Kita			Cinzana			Kita		
	Sorgho (kg/ha)	Arachide (kg/ha)	Total LER	Sorgho (kg/ha)	Arachide (kg/ha)	Total LER	Mil (kg/ha)	Arachide (kg/ha)	Total LER	Mil (kg/ha)	Arachide (kg/ha)	Total LER
Densité de l'arachide/ha												
130 000	1710	710	1,29	960	1340	1,69	550	510	1,41	650	2720	1,41
200 000	1630	910	1,40	890	1530	1,70	520	950	1,64	570	3170	1,44
260 000	1460	1020	1,43	850	1840	1,8	430	1155	1,60	520	3580	1,51
ES (+)	180	115	-	65	90	-	70	75	-	50	170	-
Densité du sorgho/mil/ha												
26 000	1400	970	1,87	972	1740	1,85	455	850	1,44	565	3330	1,48
52 000	1800	790	1,38	850	1402	1,61	550	890	1,65	590	2990	1,42
ES (+)	45	90	-	50	75	-	60	80	-	40	150	-
Date de semis du sorgho/mil												
Semis simultané	2130	700	1,45	835	1380	1,56	450	700	1,29	580	2570	1,29
4 semaines après l'arachide	1075	1060	1,30	970	1760	1,89	560	1041	1,75	575	3745	1,60
ES (+)	100	90	-	50	75	-	60	80	-	40	150	-
CV (%)	44	-	-	-	25	-	56	45	-	34	25	-

décalé aboutit à un faible développement de la céréale, d'où les faibles rendements des céréales (Tableaux 4 et 5).

Variété de céréale: Le Tableau 4 montre l'effet des variétés de sorgho sur la productivité totale du système sorgho/arachide.

Malisor 84-7 était le cultivar le moins compétitif parmi les trois cultivars testés. S 34 était le plus productif. Les rendements de l'arachide sont plus élevés avec Malisor 84-7. Cependant, si l'on considère la productivité totale du système S 34 est le plus performant à cause de ses hauts rendements en grains.

Le Tableau 5 montre l'effet des variétés de mil sur la productivité totale du système mil/arachide. Les rendements de la variété précoce ITMV 8304 sont bas par rapport à ceux du cultivar amélioré M9D3 à cause de l'attaque des oiseaux. Mais, la variété ITMV 8304, précoce et de courte taille, a été moins compétitive sur l'arachide et les valeurs totales des LER sont donc plus élevées. Le choix judicieux de la variété dépend donc du degré d'importance des espèces à associer dans une localité donnée. Le Tableau 5 révèle aussi que le mil a montré une certaine réponse à l'apport d'azote. Nous continuons des études collaboratives avec la Cellule agropédologie en vue de développer des recommandations sur la fertilité optimum pour les systèmes céréale/arachide.

Conclusion: Il y a des indices nets qui montrent que le système céréale/arachide a de réelles potentialités au Mali. En moyenne, nous avons observé un avantage d'environ 50% de ce système par rapport aux cultures pures. Nous avons aussi remarqué que pour obtenir un bon rendement de l'arachide, les densités de l'arachide doivent être élevées, tandis que les densités de la céréale doivent être maintenues en-dessous de la densité normale recommandée. Un arrangement de semis d'une ligne de céréale pour quatre lignes de légumineuse semble optimum. Bien que le semis décalé de la céréale favorise l'arachide, le faible développement de la céréale et les difficultés d'application correcte des techniques culturales dans le cas de semis décalé peuvent nous pousser à adopter le semis simultané des deux espèces.

D'après les résultats obtenus on peut conclure que:

- La productivité du système dépend en grande partie du rendement de l'arachide;

- Les densités optimales des cultures sont respectivement de 150 000 à 200 000 plants/ha pour l'arachide et 50 000 plants/ha pour le sorgho;

- Le choix de la date de semis est fonction de l'avantage qu'on veut donner à l'une ou l'autre des deux cultures;

- Des études sont nécessaires sur la fertilisation du système et l'identification de nouvelles variétés de céréales et d'arachide en fonction des localités.

Tableau 4. Effet de la date de semis et de la variété de sorgho sur les rendements en grains du sorgho et en gousses de l'arachide dans l'association sorgho/arachide (kg/ha), Sotuba (ICRISAT 1986).

Traitements	Sorgho	Arachide	LER
Variétés de sorgho			
Malisor 84-7	780	2330	1,18
S 34	1250	2140	1,09
CSM 388	1100	2145	1,34
ES (+)	105	105	-
Date de semis			
Simultané	1310	1980	1,19
Stade 3-4 feuilles	790	2500	1,18
ES (+)	150	65	

Tableau 5. Effets de la date de semis, de la variété de mil et de la fertilisation azotée sur les rendements (kg/ha) en grains et en gousses dans l'association mil/arachide, Cinzana (ICRISAT 1986).

Traitements	Mil	Arachide	LER
Variétés de mil			
ITMV 8304	450	1900	1,39
M9D3	860	1730	1,07
ES (+)	90	70	-
Date de semis du mil			
Simultané	720	1540	1,09
2 semaines après arachide	580	2095	1,25
ES (+)	105	50	-
Azote (kg/ha)			
0	555	1815	1,11
46	750	1820	1,23
ES (+)	105	70	

Association céréale/céréale (maïs/mil)

L'association céréale/céréale est une pratique courante et très ancienne dans le Sud du Mali. En effet, pour valoriser la durée de la saison des pluies et accroître la productivité par unité de surface de terre, les paysans associent des céréales de cycle court et long à des densités, arrangements spatiaux et dates de semis variables d'une localité à une autre. De toutes les associations, l'association maïs/mil est de loin la plus pratiquée. A cause de son importance dans la politique céréalière nationale et de sa place dans les exploitations agricoles, l'ICRISAT a entrepris depuis 1982 des études agronomiques relatives à son intensification. Ces études ont porté sur plusieurs aspects agronomiques: variété, densité, fertilisation azotée du maïs, arrangement spatial, dates et mode de semis du mil.

Les essais d'association maïs/mil ont été implantés dans les stations de la zone soudanienne du pays, où la saison des pluies a une durée de 120-160 jours, la moyenne pluviométrique annuelle est supérieure à 900 mm. La pluviométrie au cours des campagnes agricoles a été irrégulière dans le temps et dans l'espace et les relevés pluviométriques montrent que l'année 1984 a été sèche sur toutes les stations.

Date de semis du mil: Les rendements de mil en association ont augmenté avec le semis précoce à Sotuba (Tableau 6). Mais, le semis précoce et simultané avec le maïs provoque une réduction notoire des rendements de maïs. Bien que les semis décalés réduisent les rendements de mil, la date de semis intermédiaire (au stade 3-4 feuilles du maïs) donne des rendements de mil atteignant 500 kg/ha.

Densité: L'augmentation de la densité de mil jusqu'à sa densité optimale de 30 000 plants/ha élève son rendement sans pour autant réduire les rendements de maïs (Tableau 7). L'augmentation de la densité de maïs jusqu'à environ 52 000 plants/ha a eu aussi un effet positif sur les rendements de maïs, particulièrement à Sotuba. Cependant, l'accroissement de la densité de maïs, à Sotuba, a eu un effet dépressif sur le mil provoquant ainsi une certaine baisse du rendement du mil.

Fertilisation azotée: Le maïs a montré une réponse à la dose élevée d'azote, particulièrement en 1982 qui fut une année humide (Tableau 8). En général, l'apport d'azote sur le maïs n'a pas affecté les rendements de mil de façon significative, sauf à Sikasso pendant la saison 1985 où le développement énergétique du maïs a eu un effet dépressif sur le mil.

Variété: Le Tableau 9 résume les résultats obtenus avec différentes variétés de maïs et de mil en association.

La variété locale de maïs a une performance égale à celle de la variété recommandée de Tiémantié dans toutes les localités. Il n'y avait pas non plus de différence significative entre leur effet de compétition sur le mil.

Tableau 6. Effets de la date de semis sur les rendements en grains du mil et du maïs (kg/ha) à Sotuba et Sikasso (Shetty et al. 1986).

Année	Dates de semis du mil	Sotuba		Sikasso	
		Maïs	Mil	Maïs	Mil
1982	Semis simultané	2480	1860	1600	810
	Stade 3-4F du maïs	3660	510	1900	530
	Stade 6F du maïs	3400	110	2040	270
	ES (+)	100	65	105	70
1984	Stade 3 feuilles	1110	1040	1020	1240
	Stade 6 feuilles	1360	520	980	710
	ES (+)	50	115	115	75

Tableau 7. Effets des densités de mil et de maïs sur les rendements en grains (kg/ha) dans l'association maïs/mil à Sotuba et Sikasso (Shetty 1986)

Année	Densité plants/ha	Sotuba		Sikasso	
		Maïs	Mil	Maïs	Mil
Mil 1983	15 000	3240	650	1830	450
	30 000	3110	1010	1880	680
	ES (+)	30	80	120	90
Maïs 1984	25 000	970	870	920	870
	50 000	1500	680	1080	1080
	ES (+)	48	50	115	75
Maïs 1985	26 000	2340	495	2130	1460
	52 000	2400	275	1930	1230
	ES (+)	125	60	220	90

Tableau 8. Effets de la fertilisation azotée du maïs sur les rendements en grains (kg/ha) du maïs et du mil dans l'association maïs/mil à Sotuba et Sikasso (Shetty 1987).

Année	Doses d'azote (kg/ha)	Sotuba		Sikasso	
		Maïs	Mil	Maïs	Mil
1982	60	2950	790	1760	470
	120	3400	860	1940	590
	ES (+)	60	100	40	30
1984	40	1180	690	1060	970
	80	1320	810	1300	980
	ES (+)	130	90	125	50
1985	0	2190	413	1305	1530
	80	2560	360	2750	1160
	ES (+)	115	65	115	80

Tableau 9. Effets des variétés de maïs et de mil sur le rendement en grains (kg/ha) du maïs et du mil dans l'association maïs/mil à Sotuba et Sikasso (Shetty et al. 1986).

Année	Variété	Sotuba		Sikasso	
		Maïs	Mil	Maïs	Mil
1985	Variétés de maïs				
	Locale CV	2530	385	2120	1360
	Tiémantié	2220	390	1930	1330
	ES (+)	120	65	220	95
1986	Variétés de maïs				
	Locale CV	2145	415	1490	500
	Tiémantié	2210	415	1900	540
	ES (+)	190	110	105	150
	Variétés de mil				
	ITMV 8304/Sanko ¹	2220	90	1750	1190
	NKK	2110	390	1730	110
	M9D3	2210	770	1610	270
	ES (+)	240	85	150	40

1. Sanko à Sikasso.

Pour la première fois, nous avons évalué trois cultivars de mil pour leur performance en association. La variété M9D3 a donné des rendements en grains plus élevés à Sotuba, tandis que la variété locale Sanko a eu les meilleurs rendements à Sikasso. Ces deux cultivars sont tardifs et utilisent rationnellement l'humidité résiduelle de fin de saison. La variété ITMV 8304, un cultivar précoce a été victime des attaques des oiseaux, de la perte de pollen emporté par la pluie et de sa sensibilité à la compétition interspécifique avec le maïs, d'où sa faible performance.

Pour conclure nos études et examiner les interactions entre les différents facteurs de production, nous devons faire des analyses statistiques portant sur plusieurs années et plusieurs localités (analyses cumulatives). Cependant, avec nos résultats nous avons remarqué les interactions suivantes: densité de maïs x fertilité, variété de maïs x fertilité, variété de maïs x densité, date de semis du mil x densité du mil.

La performance du système varie aussi suivant la pluviométrie et la répartition des pluies et naturellement de l'entretien général des essais. On peut tirer les conclusions suivantes:

- En l'absence de nouvelles variétés améliorées de maïs et de mil, la variété locale de maïs et de mil Sanko se comporte bien ensemble, le maïs utilisant les ressources du sol en premier lieu et le mil utilisant efficacement les ressources après la récolte du maïs. Un maïs précoce et un mil de cycle moyen à haut potentiel de rendement conviendraient mieux pour ce système;

- Les densités de 30 000 plants/ha et 50 000 plants/ha, respectivement pour le mil et le maïs, avec la dose de fumure vulgarisée sur le maïs semblent optimum;

- Le semis du mil 2-3 semaines après le maïs (stade 3-4 feuilles du maïs) assure des rendements optimums de maïs et de mil.

A présent, nous continuons les études agronomiques pour améliorer les paramètres de rendement du mil en manipulant les variétés de mil, les dates de semis et les méthodes de semis.

Systèmes divers

En plus des systèmes d'association déjà présentés, le Projet ICRISAT/Mali a examiné des systèmes tels que: céréale/pois d'Angole, association de différentes variétés de la même espèce et des associations impliquant trois cultures.

Céréale/céréale/légumineuse: exemple maïs/mil/niébé

A partir de 1985, nous avons entamé des études sur le système maïs/mil/niébé. Dans ce système, le niébé est semé en relais après la récolte du maïs. La durée de la saison des pluies a

limité la croissance du niébé au cours de ces deux campagnes. Néanmoins, une bonne production de fanes de niébé a été obtenue. On peut déjà envisager une intensification de ce système dans le sud du pays puisqu'il constitue un moyen d'intégration de l'élevage à l'agriculture.

Sorgho/pois d'Angole

De 1976 à 1978, nous avons évalué différentes variétés de pois d'Angole convenables pour leur association avec les céréales. A cause de l'intérêt sans cesse croissant pour la diversification des systèmes de production, le pois d'Angole est maintenant une légumineuse idéale qui produit très bien en association, sans affecter les performances des céréales qui lui sont associées. Si les opérations de développement et les paysans maliens manifestent un certain intérêt pour ce système, nous continuerons nos études sur les associations céréale/pois d'Angole.

Association de différentes variétés de la même espèce

Nous venons de débiter des études pour évaluer différents systèmes de culture à base de sorgho (14 combinaisons différentes) et de mil (10 combinaisons différentes) respectivement à Sotuba et à Cinzana. Ces essais seront reconduits en vue d'identifier des systèmes de culture plus productifs. L'un de ces systèmes qui semblait être intéressant était la combinaison sorgho local (tardif) avec un sorgho amélioré (précoce) à Sotuba. De telles combinaisons (variété précoce/variété tardive) de la même espèce a un avantage du point de vue limitation des risques d'échec ou de la stabilité des rendements. Nous envisageons d'examiner de tels systèmes dans l'avenir.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Au Mali, la recherche sur les cultures associées est récente. Comme dans d'autres pays, la plupart des disciplines de recherche sont beaucoup plus orientées vers les cultures pures et surtout sur les cultures commerciales ou de rente. Cependant, en agriculture pluviale, les paysans continuent la pratique des cultures associées pour les raisons déjà citées. Les chercheurs doivent orienter leur programme de manière à améliorer ces systèmes, au lieu de centraliser leurs efforts sur une seule culture pure. De plus, l'efficacité de la recherche dans le domaine des cultures associées faciliterait le transfert de technologie chez les paysans, étant donné que cette pratique est déjà bien installée dans leur milieu.

Nos expériences des dix dernières années ont montré la possibilité d'améliorer ces systèmes en manipulant quelques facteurs agronomiques clés. Le système amélioré maïs/mil au Sud du Mali a été déjà accepté et il est en expansion chez les paysans. Nous espérons que le système amélioré céréale/arachide sera de même testé, accepté et vulgarisé dans les zones de

culture de l'arachide au Mali. Considérant nos résultats et le souci de pourvoir aux besoins de la recherche sur les systèmes de culture dans l'avenir, nous invitons les chercheurs des domaines suivants pour des interventions futures.

Amélioration variétale

Des études collaboratives entre sélectionneurs et agronomes sont nécessaires dans le but d'identifier, entre autres, les cultivars améliorés de sorgho, de mil, de niébé, de maïs et d'arachide qui produisent bien dans les systèmes d'association. Les caractéristiques des plants qui jouent un rôle important dans les systèmes de cultures associées, tels que le cycle, la hauteur et l'indice foliaire, doivent être identifiés et incorporés dans les nouveaux cultivars. Jusqu'à présent, les variétés améliorées ne sont pas toujours plus performantes et plus rentables que les locales. Un effort important doit être fait en aval de l'amélioration génétique pour identifier les cultivars.

Fertilisation

Les systèmes de cultures associées ont besoin de recommandations de fertilité spécifiques. Des études systématiques sont indispensables dans la détermination des besoins en éléments nutritifs des différentes cultures de l'association et du développement d'un paquet de fertilisation optimum pour des systèmes de production spécifiques. L'interaction céréale/légumineuse et son rôle dans le maintien de la fertilité du sol doivent être aussi étudiés.

Machinisme

Des systèmes de culture variés nécessitant des pratiques culturales propres, telles que l'arrangement des semis et les densités, demandent différents systèmes de traction. La mécanisation peut être difficile avec les équipements présentement disponibles. Des équipements bon marché doivent être développés et évalués pour leur efficacité à travers les divers systèmes de culture.

Rôle des cultures associées

Des études systématiques pluridisciplinaires sont nécessaires pour déterminer et quantifier le rôle des systèmes d'association dans le contrôle de l'érosion du sol, le maintien de la fertilité, son action sur les mauvaises herbes, les insectes nuisibles, l'incidence des maladies et la stabilité des rendements (réduction des risques dus à la sécheresse). Des études à long terme sont indispensables pour obtenir de telles informations.

Choix des systèmes

Pour gérer plus efficacement les ressources et améliorer la productivité agricole, différents systèmes de culture doivent

être développés. Le choix des cultures est important dans les systèmes améliorés de production. L'incorporation des cultures pérennes (agroforesterie) aux cultures annuelles pour concilier la production alimentaire avec la production de fourrage et les besoins en combustible des paysans doivent être renforcés.

Utilisation des ressources

Des études agrophysiologiques doivent être entreprises, afin de quantifier la compétition entre les différentes espèces pour l'eau, la lumière et les éléments nutritifs. Ces études permettront aussi d'observer la manière dont les ressources sont utilisées par les différents systèmes et d'identifier les moyens d'améliorer l'efficacité de l'utilisation de ces ressources en manipulant les facteurs agronomiques.

Analyse des données

Les données agro-économiques et agro-climatiques doivent être collectées et analysées, afin de documenter la pratique traditionnelle des systèmes de cultures associées et de mettre au point des systèmes améliorés. L'analyse de la pluviométrie et des sols pour déterminer la potentialité (période de croissance active) d'une région donnée est extrêmement importante pour les agronomes.

Recherche opérationnelle

Des tests à grande échelle en stations expérimentales et en milieu réel pour combiner les facteurs éprouvés par la recherche agronomique seront utiles pour une recherche intégrée, le développement de la technologie et l'évaluation économique.

Statistiques

L'analyse des résultats obtenus dans diverses localités et pendant plusieurs années demande une procédure statistique particulièrement affinée. Le problème devient de plus en plus compliqué s'il s'agit de systèmes impliquant plusieurs cultures en association. Toutefois, une analyse statistique simple et consistante doit être élaborée pour évaluer les systèmes de cultures associées. Nous envisageons une coopération avec les statisticiens spécialisés dans ce domaine.

BIBLIOGRAPHIE

Baker, E.F.I. et Norman, D.W. 1975. Cropping systems in northern Nigeria. Pages 334-361 in Proceedings of the Cropping Systems Workshop, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.

ICRISAT 1982 à 1986. ICRISAT/Mali Annual Reports 1982-1986. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

Keita, B. 1977. Recherche sur les cultures associées au Mali. Mémoire de fin d'étude présenté à l'I.P.R. Katibougou, décembre 1977.

Norman, D. W. 1968. Why practice intercropping? Samaru Agricultural Newsletter 10: 107-116.

Serafini, P.G. et al. 1982. Bilan de cinq années de recherche sur les cultures associées. Rapport de synthèse, ICRISAT/Mali/IER/SRCVO, Sotuba, Mali.

Serafini, P.G. 1984. Intercropping systems: the ICRISAT/Mali Experience: 1979-1983. Communications de l'Atelier régional sur les cultures associées dans les zones sahélienne et soudano-sahélienne tenu à Niamey du 7 au 11 nov. 1984. Pages 154-180 in Liaison Sahel No 3. Juin 1985.

Shetty, S.V.R. et al. 1986. Improving millet based cropping systems in Sudano-sahelian zone of Mali. in Proceedings of the International Pearl Millet Workshop, ICRISAT Patancheru, A.P. 502 324, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

Shetty, S.V.R. 1987. Design and evaluation of alternative production systems: millet/maize and cereal/groundnut systems in Mali. in Proceedings of the International Workshop on soil, water and crop management systems for rainfed agriculture in the Sudano-sahelian zone. 11-17 Jan. 1987. ICRISAT Sahelian Center, Niamey, Niger: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

Willey, R.W. 1979. Intercropping - its importance and its research needs. Part I. Competition and yield advantages. Part II. Agronomic relationships. Field Crop Abstracts 32: 1-10; 73-85.

Willey, R.W. 1981. A scientific approach to intercropping research. Pages 4-15 in Proceedings of the International Workshop on Intercropping. 10-13 Jan. 1979. ICRISAT, Patancheru, A.P. 502 324, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics.

FERTILISATION ET MAINTIEN DE LA FERTILITE DES SOLS ROTATIONS ET ASSOCIATIONS CULTURALES AU MALI

Traoré A., Martiné JF

Agropédologues, Cellule Agropédologie, S.R.C.V.O,
B.P. 438, Bamako, Mali.

INTRODUCTION

Le Mali est un pays à vocation agropastorale. Situé au centre de la bande sahélienne, il connaît depuis plusieurs années une sécheresse qui se caractérise par une baisse notable des pluies recueillies et souvent une très mauvaise répartition de celles-ci. En outre, suite à une forte croissance démographique, les systèmes de production traditionnels s'avèrent insuffisants pour assurer l'autosuffisance alimentaire et les besoins d'exportation. Ainsi, l'intensification de la production se pose en terme de nécessité absolue. La fertilisation des cultures, et surtout le maintien de la fertilité des sols cultivés, est un "passage obligé" pour atteindre un quelconque niveau d'intensification.

Cette communication porte sur les principales carences des sols au Mali; la réponse annuelle des cultures aux principaux éléments (NPK) et les doses à rentabilité immédiate actuellement recommandables. La fertilisation des cultures associées a été étudiée pour trois types d'association dans six localités.

FERTILISATION DES CULTURES PURES ET MAINTIEN DE LA FERTILITE DES SOLS

Avant toute étude sur la nutrition minérale des cultures mises en association, il est très important de savoir quels sont pour les cultures pures en question:

- Les types de sols où elles sont cultivées et leurs carences;
- Les réponses annuelles aux principaux éléments et les doses économiques trouvées (fumures recommandables);
- Les exportations suivant les niveaux de rendements;
- L'impact sur la fertilité du sol des systèmes (bilan minéral) mis en culture;
- Les solutions à mettre en oeuvre dans le cadre de rotations bien définies.

Types de sols et carences

La grande majorité des sols où se pratique la culture exondée sont des sols ferrugineux tropicaux de différents types. L'évaluation de la fertilité de ces sols (Traoré 1972) à l'aide de la technique des vases de végétation (Chaminade) indique une

carence grave en phosphore et en soufre, et une carence secondaire moyennement faible en potassium.

L'examen des analyses chimiques des sols de station (Poulain 1976) révèle un niveau très faible des réserves azotées et un taux moyen en K échangeable.

Réponse annuelle aux principaux éléments (NPK) rentabilité immédiate et doses recommandables

Céréales: mil, sorgho et maïs

Des essais annuels réalisés en station de 1954 à 1970 avaient déjà permis de tirer les conclusions suivantes (Pieri 1971):

- Le phosphore apparaît comme le pivot d'une fumure annuelle. L'azote est en général le deuxième élément essentiel. Le potassium, à court terme, n'entraîne aucun accroissement de rendement;

- Les fumures doivent être de type phospho-azoté sans potassium. La fumure mil doit être à dominante phosphatée, celle du sorgho à équilibre phospho-azoté et celle du maïs à dominante azotée;

- Seule la rentabilité de la fumure annuelle sur maïs est assurée, celle du sorgho n'est pas toujours garantie et celle du mil ne l'est pas dans les conditions actuelles.

Jusqu'à présent, les types de fumures préconisés (équilibre ou dominance) restent vrais. Par contre, l'aspect rentabilité immédiate a évolué du fait de l'apparition de nouveaux engrais (complexe coton), des changements relatifs des prix des engrais par rapport au prix de vente du grain et surtout de la "sédentarisation" des systèmes avec fertilisation toujours minimum et raccourcissement de la jachère.

Depuis 1970, de nombreux essais annuels ont été réalisés non seulement en station, mais surtout en milieu réel. L'objectif était encore la rentabilité immédiate. L'expérimentation en milieu réel et la connaissance exacte des précédents (culture et fumure) permettent de faire des propositions plus réalistes. Ces dernières prennent en effet plus en compte le précédent et la localisation (pluviométrie).

Mil

Zone Centre (500 à 700 mm)

- Après plusieurs années de culture sans fertilisation (généralement mil), une fumure minérale à dominance phosphatée (14-22-12) est rentable la première année (Tableau 1).

- Après l'arachide fertilisée (P_2O_5), le mil bénéficie d'un arrière effet phosphore d'autant plus important que la fertilisation phosphatée de l'arachide est élevée. Un apport unique d'azote (23 N) est alors suffisant et rentable la première année (Tableau 2).

- Dans ces conditions d'intensification par la fertilisation, il serait imprudent d'augmenter la densité vulgarisée (0,8 m x 0,8 m, démariage à 3 plants) sous peine d'effet dépressif (Tableau 3).

Zone Sud (> 700 mm)

Dans les rotations incluant du coton (33 P_{205} /ha) et/ou du maïs (22 P_{205} /ha) fertilisés, l'effet de l'engrais à dominance phosphatée reste faible et intéressant économiquement.

Sorgho

- Après cotonnier ou maïs généralement bien fertilisés (33 et 22 P_{205} /ha) on constate un arrière effet positif du phosphore (Tableau 6) et un apport unique d'azote (20 N) est très rentable. Cependant, un apport supplémentaire de phosphore est nécessaire. Ainsi, une fumure à légère dominance azotée (30-11-6) reste rentable (Tableau 4).

- Après l'arachide faiblement fertilisée (12 P_{205}) il n'y a aucun effet résiduel du phosphore. Un apport de 20 N sur sorgho n'améliore pas le rendement (Tableau 5). Ceci est dû principalement au facteur limitant phosphore.

- Après des cultures non ou faiblement fertilisées, et bien que les essais soient peu nombreux, il semble que la fumure phospho-azotée à apporter soit plus équilibrée. Elle doit être du type 30 N-22 P_{205} .

Maïs

- L'expérimentation a surtout porté sur la nutrition azotée du maïs en relation avec les conditions hydriques. Les résultats montrent que la fumure azotée doit bien être régionalisée (Tableau 7). De 40 à 50 N/ha sont plus rentables en zone Centre (550 à 700 mm) et 80 à 90 N/ha en zone Sud (900 à 1200).

Afin de voir si les variétés améliorées trouvées au niveau de la sélection (mil, maïs, sorgho) nécessitaient une fumure plus importante que pour les variétés locales, des essais ont été réalisés en station. Les résultats n'ont montré aucune interaction variétés x fumures. Vu le peu d'écart de rendements entre ces deux types de variétés pour l'instant, il n'y a donc pas lieu de moduler les formules de fertilisation suivant les variétés utilisées.

Légumineuses: arachide et niébé

Les résultats obtenus jusqu'à maintenant montrent que le phosphore a un effet positif sur les rendements. Les doses les plus rentables se situent à l'heure actuelle entre 15 et 20 unités de P_{205} /ha en moyenne. Cependant, lorsque le sol a été mis en culture pendant de nombreuses années sans fertilisation (zone mil), des doses allant jusqu'à 30 P_{205} /ha peuvent être rentables la première année sur niébé.

Tableau 1. Rendements moyens (grain mil kg/ha), observés dans la zone de San, en milieu réel, sur 15 essais en 1985 et 13 en 1986. Projet Vivrier (S.R.C.F.J/D.R.A.).

Fumure	Equivalents N-P ₂ O ₅ -K ₂ O	1985	1986
0	0	919	1017
50 CC ¹	7-11-6	1135	1147
50 CC+50 U ²	30-11-6	1293	1216
100 CC	14-22-12	1294	1342
100 CC+50 U	37-22-12	1436	1398

1. CC : complexe coton (14-22-12-8S-2B)

2. U : urée (46% N)

Tableau 2. Rendements moyens (grain mil kg/ha) observés sur 13 essais dans la zone de San après arachide en 1986. Projet Vivrier (S.R.C.F.J/D.R.A.).

Fumure sur arachide			Fumure sur mil			Grains mil	Arrière effet fumure arachide	Effet N
N	P	K	N	P	K	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)
0	0	0	0	0	0	1020	témoin	-
14	22	12	23	0	0	1271	-	-
0	21	0	0	0	0	1100	+ 80	témoin
0	21	0	23	0	0	1280	-	+ 80
0	21	0	7	11	6	1312	-	-
0	31	0	0	0	0	1213	+193	témoin
0	31	0	23	0	0	1263	-	+ 50

Tableau 3. Rendements moyens (grain mil kg/ha) observés sur 3 essais en 1986, milieu réel, dans la zone de San, Projet Vivrier (S.R.C.F.J/D.R.A.).

Fumure Densité	0-0-0	7-11-6	30-11-6	14-22-12	Moyenne
80 x 80	1103	1443	1539	1699	1446
80 x 40	1188	1446	1411	1507	1388
Moyenne	1145	1444	1475	1603	1417

Tableau 4. Rendements moyens (grain sorgho kg/ha) observés dans la zone CMDT sur 20 essais en 1985 et 13 essais en 1986. Projet Vivrier (S.R.C.F.J/D.R.A.).

Fumure	1985	1986	Moyenne pondérée
0	1119	1137	1127
7-11-6	1321	1387	1351
30-11-6	1431	1510	1467
14-22-12	1401	1506	1449
37-22-12	1493	1645	1563

Tableau 5. Rendements moyens (grain sorgho kg/ha) sur 12 essais après arachide. Agropédologie (S.R.C.F.J/D.R.A.).

P ₂ O ₅ sur arachide	N sur sorgho	Rendement sorgho
0	0	1200
0	20	1270
12	0	1268
12	20	1270

Tableau 6. Rendements moyens (grain sorgho kg/ha) sur 3 essais après cotonnier. Agropédologie (S.R.C.F.J/D.R.A.).

Fumure cotonnier	N sur sorgho	Rendement sorgho
0-0-0	0	1180
0-0-0	20	1330
10-34-0	0	1380
10-34-0	20	1635

Tableau 7. Effet de la fumure azotée sur maïs. Rendements moyens (pondérés) observés sur 29 essais (CMDT Sud) et 13 essais CMDT Nord) en 1985 et 1986, Projet Vivrier (S.R.C.F.J/D.R.A.).

Fumure avant semis	Fumure complémentaire kg urée/ha	Zone Sud		Zone Nord	
		Rend.	K ¹	Rend.	K
14-22-12	0 (0)	2018	-	1818	-
14-22-12	50 (23 N)	2360	14,9	2171	15,3
14-22-12	75 (34 N)	2496	14	-	-
14-22-12	100 (46 N)	2546	11,5	2600	17
14-22-12	150 (69 N)	-	-	2798	14,2

Efficienc e azotée = kg grain supplémentaire/unité d'azote.
l économique actuel est de 4,2.

Ainsi pour l'ensemble de ces cultures, suivant le précédent (culture, fertilisation) et la pluviométrie, des fumures à rentabilité immédiate peuvent être proposées. Elles sont présentées au Tableau 8.

En ce qui concerne la rentabilité immédiate, les types d'engrais pourraient être changés en considérant qu'à court terme le potassium n'a aucun effet et que l'azote apporté au semis dans certaines formules (complexe) présente peu d'intérêt. Ainsi, des formules à base de super simple ou super triple et urée pourraient encore assurer une meilleure rentabilité à court terme.

Exportations par les cultures

Grâce aux résultats d'analyses sur les plantes et les rendements observés sur essais depuis cinq ans, des estimations d'exportations peuvent être données pour le Mali. Elles sont résumées aux Tableaux 1 et 9 pour des rendements moyens en grains et gousses que l'on trouve en milieu réel lorsque les fumures proposées ci-dessus sont appliquées.

FERTILISATION DES CULTURES ASSOCIEES

Dans le cadre des études sur la fertilisation des cultures associées, trois types d'association ont été retenus: l'association maïs/mil, arachide/sorgho et mil/niébé. Ces différentes associations se répartissent géographiquement du Sud au Nord respectivement, en fonction de la pluviométrie et des habitudes culturelles.

Association maïs/mil

Ce système de culture est traditionnellement très largement pratiqué en zone Sud sous des pluviométries généralement supérieures à 900 mm.

Cette étude a été conduite dans deux localités:

- Sotuba: Sols ferrugineux tropicaux à texture limono-argileux;
- Tiérouala: Sols ferrugineux tropicaux à texture limono-sableux.

Le matériel végétal était le Tiémantié de Zamblara (maïs, variété locale améliorée) pour les deux localités et deux variétés locales de mil, respectivement la M9D2 et le Sanko à Sotuba et Tiérouala. Deux facteurs, phosphore et azote à 2 et 4 niveaux factoriellement combinés ont été comparés à un témoin dans un dispositif en split-plot à six répétitions. Les traitements comprennent également les cultures pures de maïs et de mil avec la fumure vulgarisée:

- Maïs: 100 kg/ha DAP, 100 kg/ha urée;
- Mil: 100 kg/ha DAP, 50 kg/ha urée.

Tableau 8. Fumures recommandables à partir d'essais annuels dans un but de rentabilité à court terme.

	Fumure	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Maïs Zone Sud CMDT	100 CC	90	22	12
	150 U			
Maïs Zone Nord CMDT	100 CC	48	22	12
	75 U			
Mil en culture continue	100 CC	14	22	12
Mil derrière arachide fertilisée	50 U	23	0	0
Sorgho derrière culture non fertilisée	100 CC	37	22	12
	50 U			
Sorgho derrière cotonnier, maïs ou arachide fertilisés	50 CC	30	11	6
	50 U			
Arachide/niébé	75 SS	0	16	0

Tableau 9. Quantités d'éléments (kg/ha) exportés totalement. Agropédologie (S.R.C.F.J/D.R.A.).

Culture	Rend. moyen grains ou gousses kg/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Mil	1000	52	13	73
Maïs	2500	43	16	60
Sorgho	1500	47	11	90
Arachide	2000	69 ¹	14	44
Niébé ²	440	75 ¹	20	120

1. Si l'on tient compte de la fixation azotée (60% des exportations totales), l'azote pris au sol n'est plus que de 28 pour l'arachide et de 30 pour le niébé.
2. Une seule analyse.

Les résultats enregistrés sont présentés aux Tableaux 12, 13 et 14.

Dans l'association maïs/mil, les rendements maïs croissent en fonction de la dose d'azote apportée. Le meilleur ajustement calculé sur les résultats de Sotuba est linéaire comme le montre la Figure 1.

Les résultats n'offrent aucune différence significative entre les deux doses de phosphore, ni sur les rendements maïs, ni sur ceux du mil. Mais, nous pouvons observer sur les rendements cumulés (maïs + mil) un plafonnement pour la dose faible de phosphore (Figure 2) quand la dose d'azote dépasse 60 unités. Il s'agirait d'une limitation par le phosphore. De ce fait, pour un rendement de 3 t/ha maïs et 1 t/ha mil, la dose de phosphore à apporter sera supérieure à 23 P_{205} et se situerait selon les études d'exportation entre 35 et 45 P_{205} . Selon les mêmes sources, l'azote à apporter varierait entre 90 et 100 N. Les rendements du mil dans l'association ne montrent pas de différence quel que soit le niveau de l'azote et du phosphore (Figure 3). Ceci peut être interprété comme étant une réaction positive du mil aux apports d'engrais étant donné que la compétition du maïs croît en fonction surtout de l'augmentation des doses d'azote.

Au cours de cette étude, les apports de phosphore ont été effectués avant semis lors des opérations de préparation du sol. La première fraction de l'urée (50%) est apportée uniquement au maïs avant semis du mil et la deuxième fraction (50%) à la volée entre le quarantième et le cinquantième jour après semis. Pendant toute cette période, le mil se développe difficilement sous la végétation du maïs.

Association arachide/sorgho

Ce type d'association a été identifié surtout dans la zone arachidière à l'Ouest du pays. Mais, nous le rencontrons également au Sud et au Centre avec différentes variétés adaptées aux conditions locales.

Dans l'étude de l'association arachide/sorgho, nous avons comparé l'effet de différentes fumures à base de super simple (21% P_{205} , 8S) et d'urée (46% N) à Sotuba et Kita.

Les doses de super simple (0-75-100-150 kg/ha) ont été apportées en fond avant semis et deux doses d'urée (0-50 kg/ha) factoriellement combinées aux doses de SSP. L'urée a été apportée en deux doses uniquement le long des lignes de sorgho.

L'arrangement de semis était quatre lignes d'arachide pour une ligne de sorgho, avec respectivement les variétés 47-10 (hâtive) et Malisor 84-7 (obtention malienne).

Les résultats sont rapportés au Tableau 15. Comme le montre

Tableau 10. Evolution de l'efficience d'une fumure phosphatée sur arachide (Kita, gousses/ha). Agropédologie (S.R.C.F.J/D.R.A.).

Traitements	1969	1971	1973
Témoin	960	910	420
Plus value de la fumure vulgarisée 65 kg/ha super simple	90%	60%	20%

Tableau 11. Pourcentages en éléments nutritifs contenus dans les résidus de récolte par rapport aux exportations totales. Agropédologie (S.R.C.F.J/D.R.A.).

Cultures	Résidus	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Sorgho	Tiges	26 à 47	15 à 35	90 à 94	80 à 93	62 à 84
Maïs	Tiges	24 à 66	23 à 53	90	92 à 96	77 à 80
Mil	Tiges	41 à 55	36 à 51	76 à 86	90 à 97	84 à 90
Arachide	Fanes	24 à 52	25 à 48	50 à 75	95	72 à 79

Tableau 12. Résultats de l'essai sur la fertilisation maïs/mil, poids grains et paille, Sotuba, 1986.

Traitements	Maïs ¹		Mil ²	
	P ₂ O ₅	N	Pds grains kg/ha	Pds paille kg/ha
T0 témoin			1121	6549
T1 23	0		1164	5882
T2 23	30		1938	6157
T3 23	60		2363	7726
T4 23	90		2758	7843
T5 46	0		1059	5804
T6 46	30		1642	6784
T7 46	60		2305	7137
T8 46	90		3255	8157
Moyenne générale			2061	6891
F. calculé			18,07	3,30
Signification			HS	HS
CV (%)			22,9	17,1
			31,7	26,8

1. Maïs: 0,75 x 0,50 m (50 000 plants/ha).
 2. Mil : 1,50 x 0,45 m (30 000 plants/ha)

Tableau 13. Résultats de l'essai sur la fertilisation maïs/mil poids grains, à Tiérouala 1986.

			Maïs	Mil
			Pds grains kg/ha	Pds grains kg/ha
T0 témoin			778	259
	P ₂ O ₅	N		
T1	23	0	917	330
T2	23	30	1139	307
T3	23	60	1572	200
T4	23	90	1622	248
T5	46	0	900	319
T6	46	30	1528	274
T7	46	60	1778	315
T8	46	90	2256	307
Moyenne générale			1388	284
F. calculé			14,7	0,4
Signification			HS	HS
CV (%)			22,5	59,8

Tableau 14. Résultats de l'essai sur la fertilisation de l'association maïs/mil, Sotuba 1986.

Cultures	23 P ₂ O ₅				46 P ₂ O ₅			
	0	30	60	90N	0	30	60	90N
Maïs	1164	1938	2363	2758	1059	1641	2305	3255
Mil	492	483	552	441	493	485	515	437
LER	0,74	1,09	1,31	1,43	0,71	0,96	1,26	1,65

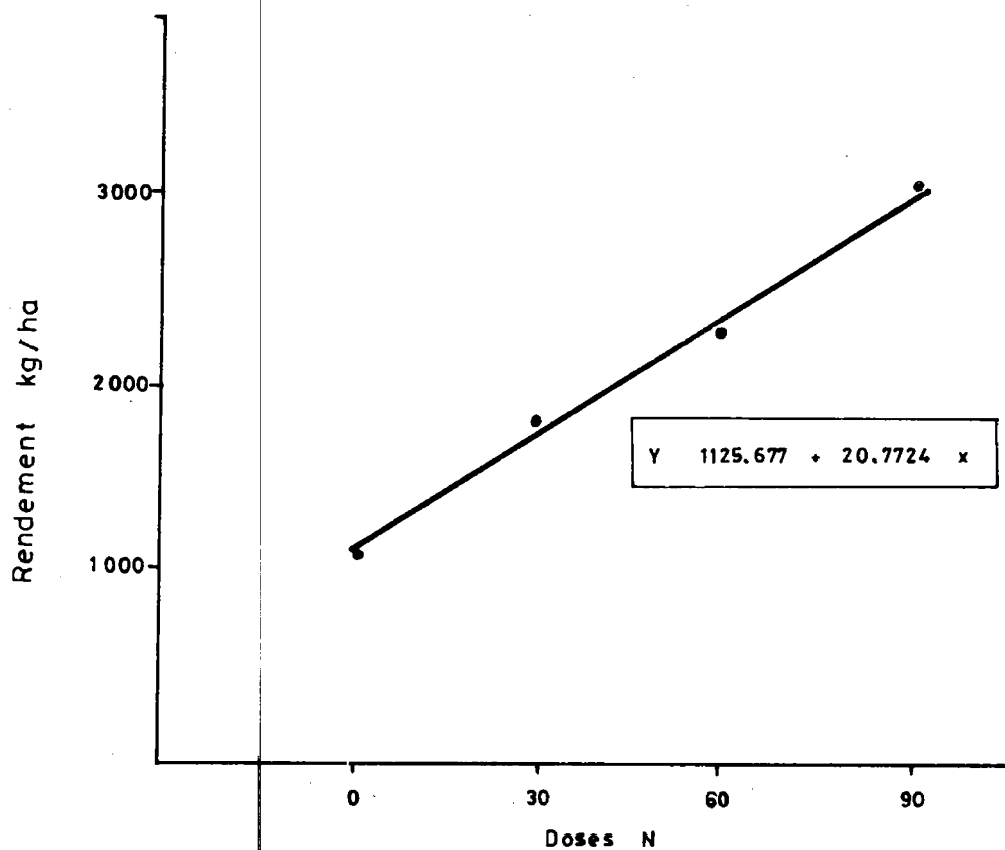


Figure 1. Courbe de réponse à l'azote (grains maïs) Sotuba 1986.

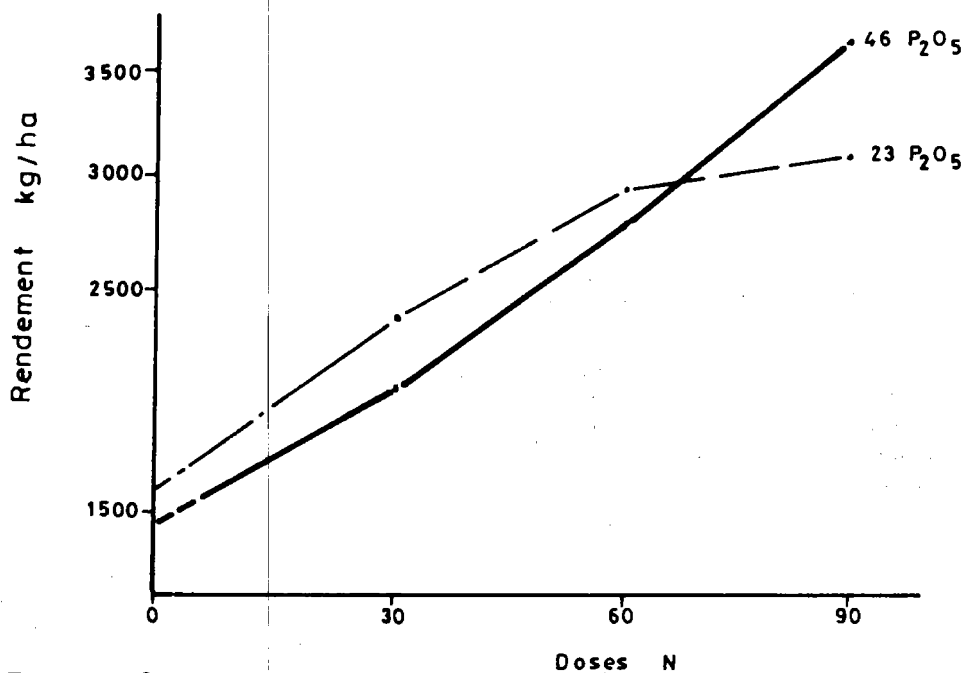


Figure 2. Rendements grains cumulés (maïs + mil) Sotuba 1986.

Tableau 15. Résultats de l'essai sur la fertilisation de l'association arachide/sorgho, à Kita et Sotuba 1986.

			Arachide		Sorgho	
Kita			Pds gousses	Pds fanes	Pds grains	Pds paille
Traitements			kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
T1	0	0	1852	2018b	250d	1123c
T2	75	0	2253	2220ab	514c	2179bc
T3	100	50	2423	2581a	726b	3296ab
T4	150	50	2064	2612a	1054a	4165a
Moyenne générale			2148	2358	636	2691
Risque			6,3	1,51	0	0,28
Signification			NS	S	HS	HS
CV (%)			16,2	13,6	24,1	43,6

			Arachide		Sorgho	
Sotuba			Pds goussses	Pds fanes	Pds grains	Pds paille
Traitements			kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
T1	0	0	2171	2977	906	4916
T2	75	0	2222	3106	709	4383
T3	100	50	2032	3218	1005	5163
T4	150	50	1898	3366	968	4711
Moyenne générale			2098	3167	897	4793
F. calculé			0,68	1,59	0,73	1,29
Signification			NS	NS	NS	NS
CV (%)			31,3	15,8	19,8	30

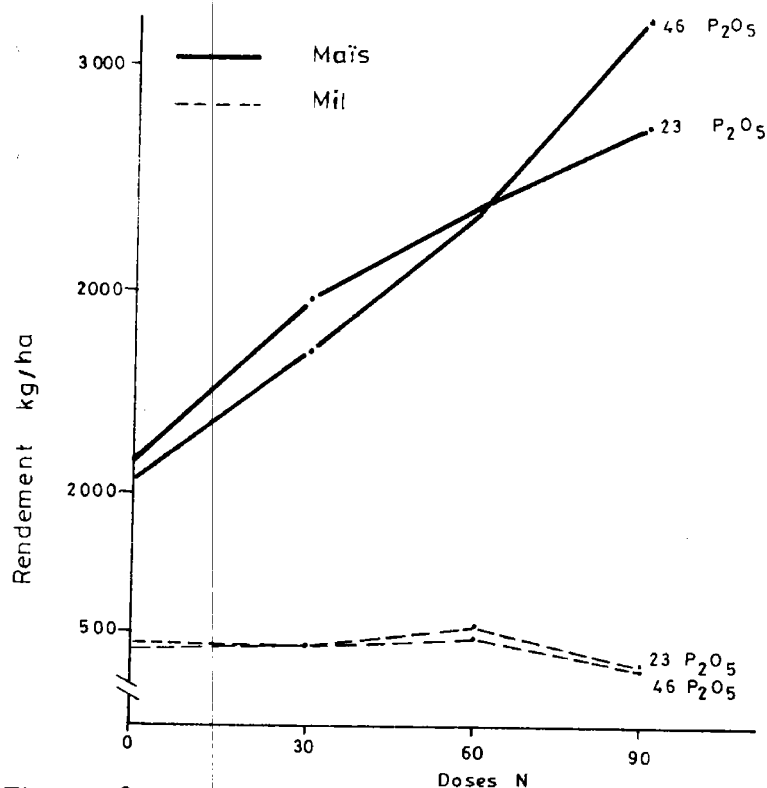


Figure 3. Rendement grains maïs et mil en fonction de l'azote et du phosphore, Sotuba, 1986.

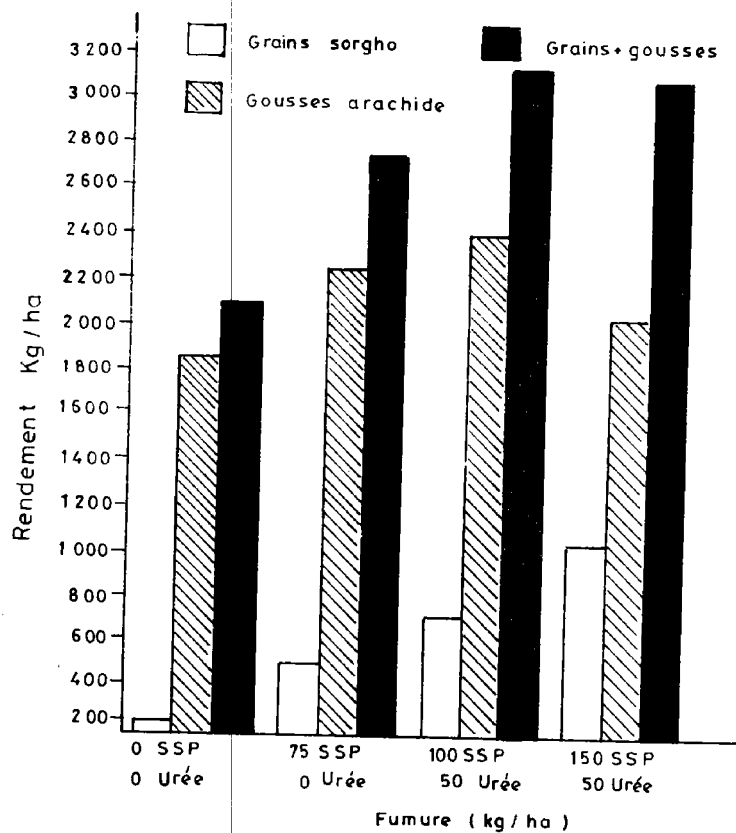


Figure 4. Poids grains arachide, sorgho, Kita 1986.

La Figure 4, les rendements en grain de sorgho évoluent linéairement en fonction des doses croissantes d'engrais, tandis que les rendements en gousses d'arachide plafonnent à 2400 kg/ha (21 P₂O₅ + 23 N) et s'incurvent vers 2000 kg/ha avec 31 P₂O₅ et 23 N.

L'équilibre en engrais qui offre la productivité maximale du système semble être 100 kg/ha SSP + 50 kg/ha urée (21 P₂O₅ + 23 N). Mais, ces doses d'engrais n'entretiennent pas la fertilité initiale du sol. En effet, comme le montre le Tableau 9 (exportations des cultures en éléments nutritifs), elles sont légèrement inférieures aux exportations totales en phosphore et très largement inférieures en ce qui concerne l'azote.

Le placement de l'engrais azoté (urée) uniquement le long des lignes de sorgho soulève un certain nombre de questions, à savoir: une culture d'arachide dans de bonnes conditions et au meilleur des cas fixe seulement 60% du total d'azote exporté à partir de l'air (fixation symbiotique). Le reste, 40%, doit être fourni par le sol. Etant donné qu'à l'heure actuelle nous n'envisageons pas une fertilisation azotée sur les légumineuses en général, des études particulières seront nécessaires pour établir et améliorer le bilan azoté de l'association arachide/sorgho.

Pour l'instant, un établissement rapide des cultures (semis précoce) pourrait leur faire profiter du pic de minéralisation (nitrogen flesh) de début de campagne et améliorer de façon non négligeable le bilan azoté.

Association mil/niébé

L'association mil/niébé constitue comme les deux autres types d'association déjà présentées des pratiques traditionnelles. Elle se rencontre le plus couramment en zone Centre-Nord avec des pluviométries moyennes comprises entre 700 et 450 mm.

Cette étude a permis de comparer l'effet de différentes doses d'engrais à base de phosphate d'ammoniaque (DAP 18-46%) et d'urée (46%). Deux localités étaient concernées: Cinzana, Koporo (sols ferrugineux tropicaux à texture sablonneuse).

Les résultats sont rapportés au Tableau 16. Les rendements moyens mil sont généralement faibles, mais l'effet des engrais est hautement significatif.

Ce qui est à noter, dans les deux localités, est l'effet important de la compétition entre les deux cultures. En effet, comme le montre le Tableau 16, les rendements du mil sont inversement proportionnels à ceux du niébé.

Au regard des exportations (Tableau 9), les besoins en phosphore pour 1 t/ha mil et 400 kg/ha niébé sont couverts par 100 kg/ha de phosphate d'ammoniaque (46 P₂O₅) avec une légère amélioration du statut phosphoré du sol. Mais, le bilan azoté

Tableau 16. Résultats de l'essai sur la fertilisation de l'association mil/niébé, à Cinzana et Koporo 1986.

			Mil IBV 8001 ¹		Niébé IN 88-63 ²	
Cinzana			Pds grains	Pds paille	Pds gousses	Pds fanes
Traitements			kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
DAP urée						
T1	0	0	167b ³	778c	417	473ab
T2	50	0	403a	1861b	248	356b
T3	50	50	402a	1039b	308	516a
T4	100	0	446a	2783a	232	368b
T5	100	50	469a	2806a	199	333b
Moyenne générale			337	2033	281	409
F. calculé			11,28	22,39	2,76	3,29
Signification			HS	HS	NS	S
CV (%)			23,4	21,2	45	26,4
Moy. cult. pure			461	-	724	-
			Mil NKK		Niébé Gorom-Gorom	
Koporo			Pds grains	Pds paille	Pds grains	Pds fanes
Traitements			kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
DAP urée						
T1	0	0	678d	3331b	213a	748
T2	50	0	780cd	3978b	133bc	1417
T3	50	50	1131b	4728ab	115bc	1313
T4	100	0	1048bc	5811a	165ab	1461
T5	100	50	1436a	6853a	080c	1056
Moyenne générale			1014	4940	141	1243
F. calculé			9,93	3,25	7,68	1,72
Signification			HS	HS	NS	NS
CV (%)			23	38,9	31,6	32,9
Moy. cul. pure			1858	-	131	-

1. Mil : 0,75 x 0,50 m² 2plants/poquet.

2. Niébé : 1,50 x 0,50 m² 2plants/poquet.

3. Lettre de différenciation des traitements.

reste déficitaire pour les traitements évalués. A cet effet, les remarques sur l'établissement rapide des cultures restent également valables pour l'association mil/niébé.

Pour améliorer la productivité de ce système (diminuer la compétition entre les deux espèces), des efforts restent à faire en ce qui concerne les aspects recherche variétale.

BILANS MINERAUX - INCONVENIENTS A LONG TERME DES FUMURES PROPOSEES

La comparaison des Tableaux 8 et 9 montre que:

- Avec les niveaux de phosphore proposés, il n'y a aucun risque de diminution de la fertilité en cet élément. Mais, dans de nombreux cas la carence n'est pas levée.
- Le niveau d'azote est toujours trop faible sauf dans le cas du maïs et dans une moindre mesure des légumineuses.
- Vu le potassium apporté on risque à moyen ou long terme d'avoir une carence en potassium. On peut évoquer la même remarque en ce qui concerne les autres bases Ca, Mg et les oligo-éléments.

L'absence d'apport en Ca et Mg et une forte fertilisation azotée (cas du maïs) entraîne en plus une acidification du sol (baisse du pH de 0,1 à 0,2 par an).

Tant que ces engrais seront employés (complexe coton, super simple), il n'y aura aucun problème concernant l'élément soufre. Ainsi, l'utilisation de telles fumures n'est qu'un premier pas vers l'intensification. En effet, si elles assurent une rentabilité immédiate la première année, elles entraînent de par leur composition et l'accroissement de rendement qu'elles procurent, une baisse accrue de la fertilité du sol. On peut ainsi observer dans certains cas une diminution de l'efficacité de la fumure proposée au fil des ans (Tableau 10).

Le problème du phosphore peut être facilement résolu. Il est néanmoins indispensable de lever la carence avant toute mise en culture, puis de compenser annuellement les exportations. L'enfouissement de 200 à 300 kg/ha de phosphate naturel de Tilemsi sur jachère en début de rotation et en fin de saison des pluies semble la meilleure solution surtout en zone humide.

Le déficit chronique en bases (K, Ca et Mg) dans les fumures peut être atténué par la restitution intégrale des résidus de récolte. Ceux-ci représentent surtout dans le cas des céréales la majeure partie des exportations (Tableau 11). L'acidification progressive, qui va de pair avec cette diminution en bases (Ca et Mg) du complexe absorbant, est fortement atténuée par l'application de phosphate naturel (Ca) et de matière organique. Le taux de celle-ci dans le sol baisse dès la mise en culture, puis progressivement au fil des ans. L'apport de matière organique atténue cette évolution, mais ne l'empêche pas. Le repos du sol par la pratique de la jachère à intervalles

réguliers est donc une nécessité. Ces intervalles entre jachères ne doivent pas être trop longs sous peine de stérilité du sol difficile à restaurer.

On constate pour l'instant en milieu réel une utilisation presque nulle des résidus de récolte. Ceux-ci doivent donc être le plus possible restitués de manière transformée (fumier, compost) si l'on ne veut pas assister à une mauvaise levée des cultures et certains effets dépressifs. L'intégration agriculture-élevage avec une gestion efficace des résidus est donc nécessaire.

Bien que les fumures proposées soient immédiatement rentables, des économies d'intrants sans déprimer les rendements et le sol doivent être encore recherchées. Elles s'appliquent surtout à la fumure azotée et concernent:

- L'amélioration de la qualité de la matière organique (teneur en N et rapport C/N);
- L'amélioration de la fixation de N par les légumineuses;
- Le fractionnement et le placement de la fumure azotée;
- L'utilisation d'engrais vert, notamment Sesbania rostrata.

CONCLUSION

Dans cette communication, nous avons passé en revue un certain nombre de résultats expérimentaux acquis au Mali depuis de nombreuses années. Ces résultats concernent les études de fertilisation des cultures et d'entretien de la fertilité des sols sous cultures.

La réponse annuelle des cultures (maïs, mil, sorgho, arachide et niébé) aux principaux éléments (NPK), en fonction des différents types de rotation ; leurs exportations totales et les doses à rentabilité immédiate actuellement recommandables sont montrées.

Un volet particulier de cette communication est consacré aux études sur la fertilisation des cultures associées maïs/mil, arachide/sorgho et mil/niébé.

Une discussion générale sous forme de bilans minéraux montre les inconvénients à long terme et les solutions envisageables des fumures proposées. Il ressort de l'ensemble de ces études que le problème du phosphore (bien qu'étant la principale carence de nos sols) peut se résoudre assez facilement par l'apport d'une fumure de correction sous forme de phosphates naturels de Tilemsi et d'un apport annuel de phosphore soluble pour couvrir les exportations. L'azote, par sa mobilité dans le sol (lixiviation), pose des problèmes relativement plus difficiles à maîtriser. Dans l'ensemble des systèmes étudiés son bilan est défavorable, sauf pour le maïs en zone Sud. Des études plus approfondies seront entreprises à l'avenir sur le placement et le fractionnement de l'engrais azoté. Ces études concerneront particulièrement les

associations de cultures.

La restitution complète des résidus de récolte transformés sous forme de fumier ou de compost résoudrait dans une large mesure les exportations en bases (K, Ca, Mg). Cette restitution et l'utilisation d'engrais vert simultanément à des apports de phosphates naturels de Tilemsi entraîneront une stabilisation du pH des sols sous cultures. Etant donné l'importance de la matière organique dans les sols, des efforts particuliers de vulgarisation devront être consentis à brève échéance pour son utilisation massive en milieu paysan.

BIBLIOGRAPHIE

Poulain, J.F. 1976. Amélioration de la fertilité des sols agricoles du Mali. Bilan de treize années de travaux (1962-1974). Agronomie Tropicale XXXI-4 octobre-décembre 1976.

Dégradation chimique des sols et possibilités d'amélioration Agropédologique (SRCVO) et Agronomie (SRCFJ).

Réunion IER/CMDT. Février 1987.

Traoré, M.F. 1972. Evaluation de la fertilité des sols du Mali en vases de végétation. Séminaire Ibadan. Avril 1972.

Pieri, C. 1971. Le point sur les essais de fertilisation des céréales de culture sèche réalisée au Mali de 1954 à 1970. Avril 1971.

Bagayoko, M. et Traoré, A. 1985. Le point sur la fertilisation minérale et organique du sorgho au Mali. Atelier régional sur l'amélioration du sorgho. Bamako, octobre 1985.

Traoré M.F. Le point sur l'expérimentation des fumures à faibles doses apportées sur l'arachide au Mali. 1954-1971.

Rapport Annuel 1985/1986. Projet Vivrier SRCFJ/IER.

Rapport Annuel 1986/1987. Projet Vivrier SRCFJ/IER.

Rapport Annuel 1985/1986. Agropédologie SRCVO/IER.

Rapport Annuel 1986/1987. Agropédologie SRCVO/IER.

RESULTATS DE RECHERCHE SUR LES ASSOCIATIONS DE CULTURE A L'INSTITUT POLYTECHNIQUE RURAL DE KATIBOUGOU

Bretaudeau A., Traoré B. et Dembélé A.

Professeur d'agronomie et d'amélioration des plantes,
et assistants, Institut Polytechnique Rural de Katibougou,
B.P. 6, Koulikoro, Mali.

ASSOCIATION MIL/MAIS

Analyse des effets de la densité de peuplement de deux mils
(Pennisetum typhoides), variété M2D2 et écotype souna, associés
au maïs (Zea mays), variété Kogoni B

L'association maïs/mil est une pratique courante au Mali et singulièrement dans la zone Mali-Sud où les paysans possèdent déjà une certaine maîtrise de ce système de culture. Toutefois, les chercheurs tentent depuis quelques années de déterminer dans chaque écologie les conditions optimales d'association de ces deux cultures de manière à minimiser les pertes de rendement consécutives aux phénomènes de compétition entre les deux composantes. Dans ce cadre, l'équipe de la SRCVO signalait que le semis du mil au stade de 2-3 feuilles du maïs (environ 15 jours plus tard si les conditions pluviométriques sont bonnes) semblait favorable aux deux cultures. Des chercheurs ont aussi rapporté de nombreux facteurs pouvant modifier sensiblement le rendement des deux cultures. Nous en citerons deux: les effets variétaux et les effets de densités de peuplement que nous envisageons d'étudier ci-dessous.

Objectifs

Les objectifs du projet étaient les suivants:

- Rechercher parmi les deux variétés de mil, celle qui supporte le mieux l'association avec le maïs Kogoni B;
- Rechercher la meilleure densité de peuplement du mil en association;
- Déterminer les mécanismes possibles de compétition et coopération entre les deux cultures.

Site et conditions pluviométriques

L'essai a été réalisé à Katibougou en 1985, année où la pluviométrie fut excédentaire (917 mm, contre 840 mm en moyenne), mais surtout bien répartie.

Matériel végétal

- Maïs: variété Kogoni B, cycle précoce (environ 90 jours), semi-floraison mâle 35 jours, taille = 1,8 m; productivité $\pm 2,5$ t/ha.
- Mil: deux variétés, soit M2D2, variété améliorée à cycle précoce (100 à 105 jours), semis-50% floraison 65-70 jours, productivité $\pm 1,2$ t/ha; et Souha, variété locale de Katibougou à cycle très précoce 65-70 jours.

Dispositif expérimental et traitements

C'est un bloc de Fisher avec quatre répétitions et une surface utile (pour évaluer les rendements) de 24 m^2 (3 lignes de 10 m à 0,8 m). Cette parcelle est encadrée par des lignes d'observation (mesure des critères) et de bordure:

- Semis du maïs: 50 000 plants/ha (0,8 m x 0,25 m, 1 plant/poquet).
- Semis du mil: deux densités: D_1 : 31 250 plants/ha (0,8 m x 0,8 m; 2 plants/poquet); D_2 : 46 875 plants/ha (0,8 m x 0,8 m; 3 plants/poquet).
- Précédents culturaux: cotonnier-sésame-arachide (84-83-82).

Les traitements sont au nombre de neuf: deux variétés de mil, une variété de maïs, deux systèmes de culture (associée et pure), deux densités de peuplement (D_1 , D_2): $2 \times 2 \times 2 + 1 = 9$:

1. M2D2 pur à la densité D_1 ;
2. M2D2 associé à la densité D_1 ;
3. M2D2 pur à la densité D_2 ;
4. M2D2 associé à la densité D_2 ;
5. Souha pur à la densité D_1 ;
6. Souha associé à la densité D_1 ;
7. Souha pur à la densité D_2 ;
8. Souha associé à la densité D_2 ;
9. Maïs pur.

Le mil est semé au stade 2-3 feuilles du maïs. Fumure: mil pur = 100 kg de P.A. au semis, 50 kg urée à montaison; maïs pur ou associé: 100 kg de P.A. au semis 80 kg urée fractionnée à la floraison mâle et femelle.

Critères d'observation et d'analyse

Les critères retenus ont été les suivants:

- Taille des plantes;
- Nombre d'épis;
- Poids de 100 graines (maïs) ou 1000 graines (mil);
- Rendement;
- Analyse LER.

Interprétation

On peut admettre que dans ces types d'association, le semis retardé du mil par rapport au maïs soit de nature à compromettre un développement correct des plants de mil. Ainsi, au 45^e jour après semis on note une taille plus importante chez les types souna (associé ou pur) par rapport à la variété M2D2 (Tableau 1). Cela dénote la bonne vigueur à la levée propre aux variétés précoces qui peut permettre dans bien de cas de combler le retard consécutif au semis retardé du mil par rapport au sorgho.

L'association réduit dans tous les cas le nombre d'épis de mil récoltés par rapport à la culture pure; cette réduction devient encore plus importante quand on augmente la densité de peuplement du mil. Signalons en fait que la réduction du nombre d'épis récoltés a été consécutive au fort taux de verse observé dans les cultures associées. On peut penser que les plants en association seront plus fragiles et par conséquent plus sensibles à la verse.

Le système de culture ne semble pas modifier les dimensions du grain de mil. Toutefois, on note que le poids de 1000 graines du souna est régulièrement supérieur au poids de 1000 graines de M2D2.

Enfin, pour le rendement, on constate que l'association diminue dans tous les cas les rendements. L'augmentation de la densité de peuplement est très favorable au rendement de la culture pure alors qu'elle réduit d'autant le rendement en association. Enfin, la variété locale semble plus productive que la variété améliorée.

Le maïs ne semble pas être affecté par ce type d'association du moins sous les aspects taille des plantes et nombre d'épis récoltés (Tableau 2). Par contre, on remarque que le poids de 100 graines en culture pure est supérieur au poids de 100 graines de maïs en association. On peut penser qu'en association, le niveau de fertilité vulgarisé soit insuffisant pour couvrir les besoins du mil et du maïs. Le maïs qui est plus exigeant en éléments nutritifs répond à cette situation par une réduction du poids de 100 graines. Nous pouvons donc affirmer que le niveau de fertilité vulgarisé pour le maïs pur soit insuffisant pour couvrir les besoins en éléments fertilisants des deux composantes (maïs et mil) en association. Il convient donc de rechercher un niveau de fertilité adéquat à conseiller pour l'association. En outre, il est à signaler que les perroquets ont causé beaucoup de perte de grains sur maïs pur.

L'association est en effet profitable dans tous les cas. Cependant, on note que la densité de mil D_1 soit plus intéressante à adopter dans l'association que la densité D_2 (Tableau 3).

Tableau 1. Résultats mil.

Traitements	Critères					
	Taille des plantes (cm)			Nbre d'épis récoltés	Poids de 1000 grains (g)	Rendement (kg/ha)
	45e j	65e j	90e j			
1	13,5	107,8	249,9	185,5	8,1	2110,5
2	14,9	157,8	270,1	132,0	10,5	1709,3
3	14,9	185,5	249,9	193,5	8,8	2491,7
4	13,5	139,6	298,5	115,0	9,0	1581,2
5	21,8	184,0	242,1	114,7	12,47	2762,5
6	21,7	204,9	220,3	126,5	12,60	2200,0
7	19,2	205,0	264,1	117,7	14,00	2734,5
8	18,6	139,1	276,1	83,7	12,70	1744,8
Signification	S	NS	NS	S	S	S
CV (%)	16,36	-	-	23,65	13,95	21,86
Ppds	4,10	-	-	46,98	2,24	691,53

Tableau 2. Résultats maïs.

Traitements	Critères					
	Taille des plantes (cm)			Nbre d'épis récoltés	Poids de 100 grains (g)	Rendement (kg/ha)
	45e j	65e j	90e j			
2	60,3	149,5	173,4	96,2	20,7	1859,3
4	55,5	143,6	157,8	90,2	20,8	1831,1
6	66,2	142,8	160,3	96,5	21,3	1609,3
8	64,5	147,0	158,1	94,7	20,2	1625,0
9	57,0	143,7	161,2	100	22,6	1744,8
Signification	NS	NS	NS	NS	HS	NS
CV (%)	-	-	-	-	4,4	-
Ppds	-	-	-	-	1,15	-

Tableau 3. Analyse du IER.

Traitements	Maïs/M2D2 D1 (2)	Maïs/M2D2 D2 (4)	Maïs/Souna D1 (6)	Maïs/Souna D2 (8)
IER	2,67	1,68	1,84	1,56

Conclusion

Nous pouvons affirmer dans nos conditions expérimentales que l'association maïs/mil est assez profitable, toutefois on aurait à gagner en recherchant un meilleur niveau de fertilité pour l'association. Enfin, la réduction de la densité du mil en association (D_1) semble plus profitable au système.

Bibliographie

ICRISAT/Mali. 1985. Séminaire sur l'association maïs/mil, Sikasso, 15-17 janvier 1985. Mali.

Dembelé S. 1985. Analyse des effets de densités de peuplement de deux mils associés au maïs. Mémoire IPR Katibougou, agronomie. Mali.

ASSOCIATION SORGHO/POIS d'ANGOLE

Effets de différentes dates de semis d'une variété de pois d'Angole ICP 148 (Cajanus cajan) associée à deux variétés de sorgho (Sorghum bicolor).

Le pois d'Angole est une légumineuse arbustive cultivée souvent comme espèce annuelle. En plus de son aptitude à fixer l'azote atmosphérique, la plante est une bonne fourragère et produit des graines appréciées dans l'alimentation humaine, car riches en protéines.

L'introduction de cette culture dans le système traditionnel de culture céréale/légumineuse permettrait ainsi un développement plus important de la culture sans que celle-ci ne se fasse au détriment d'une céréale. D'ailleurs, de plus en plus, de nombreux paysans des régions de Ségou et Sikasso s'intéressent à cette culture. Aussi, avons-nous envisagé de déterminer les dates de semis optimales de chacune des composantes en même temps que seront étudiées les meilleures combinaisons variétales.

Objectifs

- Rechercher la meilleure date de semis du pois d'Angole et du sorgho.
- Déterminer la variété de sorgho qui se comporte mieux dans l'association.
- Elucider les mécanismes possibles de compétition et de coopération entre les deux cultures.

Site, conditions pluviométriques et matériel végétal

L'essai a été conduit à Katibougou en 1986 avec une pluviométrie suffisante (794 mm,) mais surtout des pluies bien réparties.

Le matériel végétal retenu consistait en:

- Pois d'Angole: variété ICP 148 productive, tolérante vis-à-vis des insectes, cycle de 120 jours, semis-floraison 60 jours, taille 1 à 2 m;
- Sorgho: nous avons utilisé une variété de sorgho améliorée, CSM 219, à cycle court 100-110 jours, productive; et une variété locale, Sakoika, à cycle plus long et relativement adaptée à la région de Koulikoro.

Dispositif expérimental et traitements

Il s'agit d'un bloc de Fisher randomisé avec quatre répétitions et une surface parcellaire de $43,20 \text{ m}^2$ (6 lignes de 9 m de long espacées de 0,8 m soit: $9 \text{ m} \times 4,8 \text{ m} = 43,20 \text{ m}^2$). La surface utile comporte 3 lignes de sorgho pour 3 lignes de pois d'Angole, les autres lignes servant de bordure et d'observation.

- Semis du sorgho: $0,8 \text{ m} \times 0,4 \text{ m}$ (2 plants/poquet, 62 500 plants/ha).
- Semis du pois d'Angole: $0,8 \text{ m} \times 0,15 \text{ m}$ (1 plant/poquet).
- Précédents culturaux: coton-riz pluvial-maïs (85-84-83).
- Les traitements sont au nombre de neuf:

1. Pois d'Angole pure;
2. Sakoika associée, semée 10 jours après pois d'Angole;
3. CSM 219 associée, semée 10 jours après pois d'Angole;
4. Sakoika associée, semée en même temps que pois d'Angole;
5. CSM 219 associée, semée en même temps que pois d'Angole;
6. Sakoika associée, semée 10 jours avant pois d'Angole;
7. CSM 219 associée, semée 10 jours avant pois d'Angole;
8. Sakoika pure;
9. CSM 219 pure.

Fumure: Parcelle associée ou sorgho pur: 100 kg de phosphate d'ammoniaque au semis et 50 kg d'urée à montaison. Pois d'Angole: rien.

Critères d'observation et d'analyse

- Taille des plants;
- Nombre de ramifications du pois d'Angole ou nombre de panicules de sorgho;
- Poids sec des plants;
- Poids de 100 graines de pois d'Angole ou 1000 graines de sorgho;
- Rendements en grain;
- Nombre de gousses du pois d'Angole;
- Analyse LER.

Interprétation

On peut remarquer que la taille et le poids des plants de pois d'Angole sont variables en fonction de la date de semis, alors que la variété de sorgho semble sans effet sur ces critères (Tableau 4). Ainsi, le semis simultané et précoce du pois d'Angole semble équivalent en ce qui concerne les critères taille et poids sec des plants, alors que le semis retardé du pois d'Angole est préjudiciable à sa croissance, car les plants de sorgho le recouvrent vite. En effet, le pois d'Angole est une plante dont la croissance juvénile est très lente, d'où il faut éviter de le semer en retard pour limiter les effets de l'ombrage réciproque. Concernant le nombre de ramifications, il baisse chaque fois que le semis est retardé. Ainsi, le précoce est plus favorable à la ramification que le semis simultané; toutefois, ce dernier est supérieur au semis retardé. Le nombre de gousses formées suit la même loi que le nombre de ramifications: des semis précoce et simultané du pois d'Angole sont plus favorables au développement du nombre total de gousses; cette remarque est valable aussi pour le poids de 100 graines de pois d'Angole et les rendements des traitements. On peut remarquer aussi que l'association réduit le rendement de pois d'Angole et que cette réduction est beaucoup plus importante avec la variété Sakoika, sans doute à cause de sa taille relativement plus grande que la CSM 219.

Nous pouvons conclure que le semis retardé du pois d'Angole est défavorable au bon développement de la plante et par conséquent à sa productivité. Par ailleurs, le semis précoce l'emporte sur le semis simultané du moins sous l'angle de rendement du pois d'Angole.

On peut remarquer que la taille de la variété CSM 219 est régulièrement supérieure à celle de la variété locale Sakoika au 60e jour, alors que la tendance s'inverse au 90e jour (Tableau 5). Cela se comprend si l'on sait que Sakoika est une variété photosensible allongeant ses entrenoeuds juste avant la floraison, alors que CSM 219 est une variété ayant une bonne vigueur à la levée. Les critères taille des plants et poids des plants ne sont cependant pas influencés par l'association avec le pois d'Angole. On peut donc dire que la croissance du sorgho n'est pas influencée par le pois d'Angole quelle que soit la date de semis de ce dernier. Cependant, pour le nombre total de panicules, on constate que CSM 219 produit plus de panicules que Sakoika. Toutefois, ce critère n'est pas influencé par l'association avec le pois d'Angole. Il en est de même pour le poids de 1000 graines, pour lequel la variété locale Sakoika est supérieure à la variété CSM 219. Concernant le rendement, il est intéressant de remarquer que la variété locale est régulièrement plus productive que CSM 219. Par ailleurs, cette productivité ne semble aucunement affectée par l'association avec le pois d'Angole. Le sorgho n'est nullement défavorisé par son association avec le pois d'Angole, dont le semis retardé est préjudiciable à son propre développement et son rendement.

Tableau 4. Résultats pois d'Angole.

Traitements	Critères							
	Taille des plants (cm)		Poids des plants (g)		Nombre de ramifications	Nombre de gousses 60e j	Poids de 100 graines	Rendement (kg/ha)
	60e j	90e j	60e j	90e j				
1	103,37	116,12	29,87	157,30	12,62	69,12	7,67	1835,00
2	100,50	112,12	21,00	56,12	13,25	32,00	8,02	1249,95
3	108,25	116,75	26,25	76,32	10,25	47,75	7,80	1644,57
4	106,12	118,62	17,77	28,12	2,87	18,00	6,70	425,37
5	113,50	131,62	16,46	44,80	5,87	28,12	7,22	804,10
6	97,75	104,00	7,20	19,27	1,87	10,62	5,00	129,55
7	87,12	107,87	8,03	20,75	2,5	13,00	5,17	156,82
Signification	S	S	S	S	S	HS	HS	HS
CV (%)	1	-	-	-	-	-	-	-
Ppds	7,29	9,29	3,10	9,84	1,94	8,12	0,83	187,25

Tableau 5. Résultats sorgho.

Traitements	Critères						
	Taille des plants (cm)		Poids des plants (g)		Nombre total de panicules	Poids de 1000 graines (g)	Rendement (kg/ha)
	60e j	90e j	60e j	90e j			
2	120,25	402,62	62,55	232,53	117,50	21,25	2873,00
3	145,37	339,00	46,80	215,73	164,75	25,87	1541,10
4	127,62	433,00	38,38	185,41	129,50	22,27	3041,90
5	161,87	394,50	59,11	177,51	134,00	24,60	1568,60
6	136,37	468,50	122,82	270,37	110,00	24,22	3436,10
7	189,80	353,62	87,53	184,40	202,25	23,52	1961,50
8	118,50	428,00	81,80	194,57	123,50	25,75	3422,70
9	160,30	385,87	96,56	202,88	172,50	25,10	1434,70
Signification	HS	HS	NS	NS	S	S	S
CV (%)	-	-	-	-	-	-	-
Test Ppds	23,44	41,36	-	-	29,95	-	638,20

Tableau 6. Analyse du IER.

Traitements	2	3	4	5	6	7
IER	1,51	1,96	1,11	1,52	1,07	1,44

La rentabilité de l'association est quelque peu controversée. Toutefois, le semis simultané et précoce du pois d'Angole semble procurer les meilleures combinaisons. La variété CSM 219 semble mieux convenir à l'association que la variété locale de sorgho (Tableau 6). On a noté beaucoup de dégâts dus aux oiseaux sur la variété CSM219 et de maladies cryptogamiques surtout chez la variété locale Sakoika.

Conclusion

Dans l'association sorgho/pois d'Angole, le semis retardé du pois d'Angole est à proscrire, car la croissance juvénile de la plante est très lente et ne lui permet pas de rattraper le retard dû à son semis retardé par rapport au sorgho. Cette situation diminue considérablement le rendement du pois d'Angole, alors qu'elle ne profite pas au sorgho. Enfin, la variété locale photosensible convient moins bien à l'association que la variété CSM 219 dans nos conditions expérimentales.

Bibliographie

Amadou D. 1986. Effet des différentes dates de semis d'une variété de pois d'Angole associé à deux variétés de sorgho. Mémoire IPR Katibougou, agronomie, Mali.

ASSOCIATION SESAME/ARACHIDE

Les effets de trois dates de semis de deux variétés de sésame associées à l'arachide

La sésame est une oléagineuse traditionnellement cultivée au Mali dont la pratique a régressé depuis l'introduction de l'arachide.

De nos jours, l'arachide connaît de nombreux problèmes de marché en plus de sa relative sensibilité à la sécheresse. Son association avec une autre oléagineuse relativement plus résistante à la sécheresse, permettrait pense-t-on de résoudre en partie tous ces problèmes. Toutefois, signalons que de nombreux paysans pratiquent déjà l'association du sésame avec d'autres cultures (riz, maïs, etc.). Dans notre étude, nous envisageons de rechercher les paramètres limitant la production des deux cultures dans un système associé.

Objectifs

- Identifier la variété de sésame supportant bien l'association.
- Déterminer les dates de semis optimales des deux cultures.
- Dégager les mécanismes possibles régissant les phénomènes de compétition et de coopération en association.

Site et conditions pluviométriques

L'essai a été conduit à l'IPR de Katibougou en 1986 avec une année pluvieuse assez bonne (794 mm bien répartis dans le temps).

Matériel végétal

- Arachide: c'est la variété 47-10, précoce (90 jours), productive.
- Sésame: deux variétés ont été étudiées: SIP₁ (couleur blanche) et SIP₂ (noire) toutes deux hâtives avec un niveau de productivité acceptable.

Dispositif expérimental et traitements

L'essai a été conduit en bloc de Fisher avec quatre répétitions, une surface parcellaire de 36 m² (10 lignes de 9 m à 0,4 m). La surface utile est de 14,4 m² (5 lignes de 7,2 m de long à 0,4 m). Les autres lignes servent de bordure ou de lignes d'observation.

- Semis arachide: 0,4 m x 0,15 m (1 grain/poquet).
- Semis sésame: 0,4 m x 0,15 m (1 plant/poquet).
- Précédents culturaux: coton 85, arachide 84, jachère 83; maïs 82.

- Les traitements sont au nombre de 13:

1. Sésame blanc pur semé à la date D₁;
2. Sésame blanc pur semé à la date D₂;
3. Sésame blanc pur semé à la date D₃;
4. Sésame noir pur semé à la date D₁;
5. Sésame noir pur semé à la date D₂;
6. Sésame noir pur semé à la date D₃;
7. Sésame blanc associé semé à la date D₁;
8. Sésame blanc associé semé à la date D₂;
9. Sésame blanc associé semé à la date D₃;
10. Sésame noir associé semé à la date D₁;
11. Sésame noir associé semé à la date D₂;
12. Sésame noir associé semé à la date D₃;
13. Arachide pure.

D₁: semis du sésame 10 jours avant arachide;
D₂: semis du sésame en même temps que arachide;
D₃: semis du sésame 10 jours après arachide.

Critères d'observation et d'analyse

Les critères d'observation retenus ont été les suivants:

- Taille des plants;
- Longueur des rameaux cotylédonnaires de l'arachide;
- Nombre de branches fructifères du sésame et des capsules;
- Nombre de nodules de l'arachide;
- Rendement;
- Poids de 100 graines d'arachide ou 1000 graines de sésame.

Interprétation

Le système de culture et la date de semis ne semble pas modifier la croissance des plantes d'arachide alors que la longueur des rameaux cotylédonnaires est favorisée par un semis précoce de l'arachide ou un semis simultané avec le sésame (Tableau 7). Le semis précoce du sésame réduit la longueur moyenne des rameaux cotylédonnaires. Le nombre de nodules et de nodules efficients est aussi influencé par les traitements. Ainsi, le semis tardif de l'arachide semble défavorable à la nodulation en même temps qu'il semble exister une interaction entre la date de semis et le type de sésame utilisé dans l'association. Il en est de même pour le nombre total des nodules efficients. Pour les rendements en fanes et en grains, on peut remarquer que ceux-ci augmentent au fur et à mesure que le semis de l'arachide est précoce par rapport à celui du sésame. Quant au poids de 100 graines, il n'est pas affecté par l'association.

Nous pouvons conclure que l'arachide est très sensible à la concurrence du sésame en association et ce d'autant plus que son semis sera retardé par rapport à celui du sésame.

La taille des plantes de sésame est réduite lorsqu'il est semé en même temps ou après l'arachide (Tableau 8). Le sésame semble donc bien sensible à la compétition vis-à-vis de la lumière. Cette sensibilité du sésame au semis tardif se traduit par une réduction du nombre de branches fructifères. D'une manière générale, l'association semble toutefois réduire la formation des branches fructifères. L'association est préjudiciable à la formation des capsules. Cependant, le semis simultané de l'arachide et du sésame semble ne pas trop affecter la formation des capsules. Le semis tardif du sésame réduit significativement les rendements aussi bien en culture pure qu'en association. Le semis précoce du sésame l'emporte sur son semis simultané avec l'arachide, bien que ce dernier puisse être considéré comme acceptable sous l'aspect rendement. Enfin, l'association semble néfaste à la formation du grain et justifie du faible niveau de fertilité du sol, d'où l'intérêt d'apporter un supplément en éléments fertilisants pour couvrir les besoins azotés et phosphatés du sésame.

Conclusion

Le semis tardif du sésame par rapport à l'arachide réduit tous les processus de croissance du sésame se traduisant par une baisse de rendement de celui-ci. Le semis précoce semble néfaste à la productivité de l'arachide d'où l'intérêt d'adopter le semis simultané qui convient mieux aux deux cultures.

On peut remarquer que le semis tardif du sésame engendre même à la limite des pertes de rendement. Par contre, le semis simultané des deux cultures semble assez acceptable sous l'angle de la rentabilité (Tableau 9).

Tableau 7. Résultats arachide.

Traitements	Critères										
	Taille des plantes (cm)			90e jour longueur moy. (cm) des rameaux cotylédons	Nombre total de nodules		Nombre de nodules efficacients		Rend. en fanes	Rend. en grains (kg/ha)	Poids de 100 graines
	30e j	60e j	90e j		30e j	60e j	30e j	60e j			
7	10,6	27,8	54,9	53,7	32,5	146,5	15,3	118,8	2227,5	1505,0	41,9
8	10,5	29,9	59,8	60,3	32,5	133	16,3	78,0	2585,0	1897,5	39,4
9	10,3	33,1	61,4	58,2	23,3	145,5	12,8	87,5	3612,5	2615,6	41,9
10	10,7	27,3	55,1	53,4	19,0	105,0	8,5	90,3	2202,5	1425,0	41,1
11	9,9	27,0	57,8	56,9	29,5	128,0	16,0	81,8	2875,0	1752,5	41,0
12	9,8	30,5	57,8	60,1	26,0	164,3	9,0	140,5	3290,0	2330,0	38,7
13	10,3	30,3	59,1	61,5	29,5	149,3	14,5	127,3	3397,1	2537,5	37,4
Signification	NS	NS	NS	S	HS	S	HS	HS	HS	HS	NS
CV (%)	14,56	18,33	6,74	6,70	14,9	14,48	14,7	11,57	11,08	13,8	9,77
Ppds	-	-	-	5,74	6,08	29,66	2,87	9,12	475,1	413,75	-

Tableau 8. Résultats sésame.

Traitements	Critères							
	Taille des plants (cm)			Nombre de branches fructifères		Nombre de capsules à la récolte	Rendements (kg/ha)	Poids de 1000 graines
	30e j	60e j	90e j	60e j	90e j			
1	22,6	113,8	118,3	5,8	9,2	72,3	1450,0	2,4
2	20,8	123,5	125,3	4,8	8,5	112,8	2065,0	2,2
3	30,1	101,3	106,3	3,5	6,8	88,5	1050,0	1,9
4	25,4	125,5	132,5	5,3	8,5	70,0	2615,0	2,4
5	25,5	126,0	131,5	5,0	10,0	100,8	965,0	2,2
6	35,3	123,8	129,8	3,0	6,1	53,3	965,0	1,8
7	23,3	115,8	121,0	5,8	7,5	45,0	545,0	2,3
8	24,0	92,8	102,3	3,3	6,8	60,3	1200,5	2,0
9	22,3	78,8	87,8	2,3	4,5	25,8	1575,0	1,6
10	22,0	111,0	117,8	4,8	8,0	57,3	207,5	2,2
11	28,3	89,3	99,0	3,3	7,5	52,8	1470	2,2
12	27,0	90,8	96,8	3,8	7,0	35,0	512,5	1,6
Signification	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS
CV (%)	13,8	13,8	12,53	22,18	16,5	8,47	31,94	3,41
Ppds	21,42	21,42	-	1,33	-	7,86	526,54	0,09

Tableau 9. Profitabilité de l'association

Traitements	7	8	9	10	11	12
IER	1,41	1,5	1,22	1,12	1,21	0,88

Le semis simultané de l'arachide et du sésame semble le plus favorable au développement harmonieux des deux spéculations. Toutefois, il serait souhaitable de déterminer un niveau de fertilité pouvant rentabiliser ce système.

Bibliographie

Keita M. 1986. Les effets de quelques dates de semis de deux variétés de sésame associées à l'arachide. Mémoire IPR Katibougou, Agronomie. Mali.

**LES CULTURES ASSOCIEES EN MILIEU PAYSAN
FERTILISATION DE L'ASSOCIATION MAIS/MIL
ANALYSE AGRONOMIQUE ET ECONOMIQUE (VOLET-FONSEBOUGOU)**

Kébé Demba

Agronome, Division de recherches sur
les systèmes de production rurale (DRSPR)

L'association des cultures d'une manière générale et celle du maïs/mil en particulier a de tout temps occupé une place importante dans le système de cultures des paysans en zone Mali-Sud, et cela malgré les multiples efforts fournis aussi bien par la recherche que le développement en vue de promouvoir la culture pure du maïs. La promotion de cette culture pure peut s'expliquer par le fait que de nombreux résultats de la recherche ont mis en relief les performances de certaines variétés locales, notamment la Tiémantié et la Zanguerenie.

Malgré l'adoption de cette culture pure de maïs par la plupart des paysans (en particulier ceux qui sont équipés) la culture associée du maïs/mil persiste chez les paysans de tout niveau.

Suite au séminaire de janvier 1985 sur les cultures associées maïs/mil, la DRSPR a entrepris une étude d'enquête sur les systèmes de cultures associées en milieu paysan.

Les résultats de cette enquête ont permis d'orienter les efforts de recherche sur les paramètres d'intensification de la culture associée du maïs/mil, particulièrement la fertilisation. C'est ainsi que la recherche d'une dose optimale de fumure minérale a été entreprise. tout en tenant compte de la place de l'association maïs/mil dans la rotation après cotonnier.

Dans ce document, nous donnons une synthèse de cette étude entreprise à savoir:

- les enquêtes;
- les tests;
- les résultats d'analyse agro-économique.

LES ENQUETES SUR LES CULTURES ASSOCIEES

Objectif

Elles avaient pour objectif de montrer la place que les paysans accordent aux cultures associées dans leurs systèmes de culture.

Méthodes

Elles ont été menées par une équipe pluridisciplinaire (agro-sociologues, agronomes et agro-économistes) dans neuf villages

représentatifs de plusieurs situations (niveau de technicité) agricoles différentes et au niveau de deux catégories de paysans, équipés autosuffisants et non équipés non autosuffisants. Elles ont concerné 25% des exploitations/village.

Résultats des enquêtes

Il ressort des enquêtes que:

- L'association maïs/mil prédomine, par rapport aux autres formes d'association dans les neuf villages.

- Elle est pratiquée aussi bien par les paysans non équipés, non autosuffisants que par les équipés autosuffisants.

- Les surfaces en cultures associées maïs/mil ont tendance à diminuer (des non équipés aux équipés et des zones en situation moyenne à celles à technicité élevée).

On note également des efforts notables chez les paysans dans le but de maîtriser et d'intensifier cette forme d'association.

TEST EN MILIEU PAYSAN SUR LA FERTILISATION DU MAIS/MIL

Objectif

Etudier les possibilités d'intensification des cultures associées maïs/mil, dans la rotation après cotonnier, par apport de différentes doses de fumure minérale.

Réalisation

- Dispositif expérimental: blocs de Fisher.

- Fumure:
 - T1 = 50 kg de complexe coton + 75 kg d'urée;
 - T2 = 100 kg de complexe coton + 150 kg d'urée;
 - T3 = témoin ou pratique paysanne (densité à l'initiative du paysan).

- Densité de semis:
 - Maïs D1 = 40 800 plants/ha (variété Tiémantié);
 - Mil D2 = 20 400 plants/ha (variété locale).

Le mil est semé au stade 3-4 feuilles du maïs.

RESULTATS AGRONOMIQUES (CAMPAGNES 1985/86 ET 1986/87)

Concernant le nombre de plants de maïs à la récolte, l'analyse de la variance a montré qu'il n'y avait pas de différence significative entre les traitements. La densité de maïs en pure est de 62 500 plants/ha.

En rendement de maïs grain, le T2 (dose de fumure vulgarisée

sur maïs pur soit 100 kg de complexe coton + 150 kg d'urée) dépasse significativement le T1 (la moitié de la dose vulgarisée) et le T3 (pratique paysanne).

Quant au rendement grain mil, le T3 est significativement plus élevé que les T1 et T2 qui ne sont pas significativement différents. Il n'y a donc pas d'effet significatif de fumure sur les rendements grain du mil.

En rendement cumulé, on ne note aucune différence significative entre les traitements (campagne 1986/1987).

RESULTATS D'ANALYSE ECONOMIQUE

Marge bénéficiaire en 1985/1986

T1 = 140 855 - 13 625 = 127 230 CFA
T2 = 165 330 - 27 250 = 138 080 CFA
T2 - T1 = 138 080 - 127 230 = 10 850 CFA

Marge bénéficiaire en 1986/1987

T1 = 106 590 - 17 125 = 89 465 CFA
T2 = 113 850 - 34 250 = 79 600 CFA
T1 - T2 = 89 465 - 79 600 = 9 865 CFA.

Il ressort que la marge bénéficiaire du T1 (moitié de la dose vulgarisée sur maïs pur) est plus élevée que celle du T2 (dose vulgarisée). La différence est de l'ordre de 10 000 CFA. Cette différence était en faveur du T2 en 1985/1986. Ce changement de 1985/1986 à 1986/1987 est probablement dû à l'augmentation du prix des engrais (complexe coton 140 F le kg contre 115 F le kg en 1985/1986 et l'urée 135 F au lieu de 125 F l'an passé).

Compte tenu des arrières effets de la fumure organique et minérale, dont le cotonnier bénéficie, et du faible pouvoir d'achat des paysans, la moitié de la dose vulgarisée sur l'association maïs/mil mérite une attention particulière.

Synthèse de l'analyse économique fine

Cette analyse fine a porté seulement sur les résultats de la première campagne.

Analyse de risque

Des intervalles de confiance sont calculés pour les traitements T1 et T2 du test maïs/mil à niveau de probabilité variant de 40 à 99%.

Tableau 1. Probabilité et intervalle de confiance

n = 7 y1 moyen = 136 syl = 28,1
ddl = 6 y2 moyen = 146 sy2 = 73,1

Probabilité	40%	60%	80%	90%	95%	99%
Table	0,553	0,906	1,44	2,447	2,447	3,707
T1 Max.	141,9	145,6	151,3	156,6	162,5	175,3
Min.	130,1	126,4	120,7	155,4	110,6	96,7
T2 Max.	161,3	171,0	185,7	199,6	213,5	248,3
Min.	130,7	121,0	106,3	92,4	78,5	43,7

Il ressort de cette analyse que la dose vulgarisée T2 est beaucoup plus exposée aux risques que le T1 (la moitié de la vulgarisée, c'est-à-dire que le T1 minimise les risques d'échec.

Analyse de stabilité

Elle a montré que dans des conditions favorables au maïs, l'effet fertilisation du T2 est très performant. Mais, dans les localités de bas rendement, les meilleurs résultats sont obtenus avec les faibles doses de fumure minérale. Le T1 est donc plus stable que le T2.

Analyse du revenu minimum

Cette analyse part du fait qu'un paysan à bas revenu oriente le plus souvent son choix sur les techniques sécurisantes plutôt que la maximisation. Elle a montré que, dans de mauvaises conditions, pour chaque traitement, le paysan court moins de risques en appliquant la moitié de la dose de fumure vulgarisée sur maïs pur.

CONCLUSION

Comme on le sait bien, l'objectif du paysan va souvent au delà du seul profit et peut par exemple porter sur l'autosuffisance alimentaire ou la diminution des risques d'échec. Le test a montré que si la maximisation du revenu de l'exploitation doit être l'objectif prioritaire, on ne doit pas perdre de vue la minimisation des risques d'échec dans le choix des techniques à proposer aux paysans. On devrait également tenir compte des techniques en place pour améliorer celles à proposer (selon les résultats des deux campagnes).

PROGRES DE LA RECHERCHE SUR LES SYSTEMES CULTURAUX

C. Renard, B.R. Ntare et L.K. Fussell

Agronome principal et chef du Programme exploitation des ressources, sélectionneur/agronome du niébé (IITA), agronome du mil, ICRISAT-Centre sahélien, B.P. 12 404 Niamey, Niger

INTRODUCTION

En Afrique de l'Ouest, les sols à texture grossière à fraction sableuse supérieure à 65% dominant dans la région sahélienne. Ces sols, d'origine éolienne ou alluviale, sont les plus fréquents dans un contexte topographique plane ou ondulé. Leur faible fertilité, le manque d'eau et des propriétés physiques défavorables sont autant d'obstacles à leur mise en valeur. Au Niger, par exemple, la proportion de sable dans le sol est généralement supérieure à 80%.

Plusieurs facteurs sont responsables de la faible productivité agricole de ces sols. Parmi les facteurs climatiques, la pluviosité faible et aléatoire et la demande évaporative élevée due à un rayonnement solaire intense durant toute l'année constituent les principaux problèmes. Dans cette zone, les superficies cultivées par ménage et les revenus des paysans sont faibles. Caractériser le milieu socioéconomique et ses contraintes est essentiel pour la mise au point de techniques améliorées et pour leur transfert en milieu paysan.

Le mil, le niébé et l'arachide sont les principales cultures de la zone sahélienne. Le mil associé au niébé est le système qui prédomine, particulièrement en agriculture de subsistance.

Le Programme d'exploitation des ressources du Centre sahélien de l'ICRISAT accorde une importance majeure à la connaissance des ressources hydriques et édaphiques disponibles pour les cultures, et s'attache à mettre au point des moyens pour améliorer la gestion de ces ressources et augmenter les revenus paysans, tout en assurant une stabilité des rendements supérieure. La recherche inter-disciplinaire est une composante essentielle.

Le Programme exploitation des ressources regroupe neuf chercheurs principaux, responsables chacun d'un programme de recherche. L'agroclimatologie, les systèmes cultureux, le travail du sol, l'agroforesterie et l'économie sont des programmes entièrement supportés par l'ICRISAT. Pour le niébé, l'IITA a affecté un agronome. Le CIPEA a détaché une spécialiste en nutrition animale. L'IFDC supporte partiellement un spécialiste en engrais et, tout récemment, l'IFPRI nous a détaché une socio-économiste qui fera une recherche post-doctorale. D'autres institutions sont également associées à notre recherche. L'Université de Hohenheim, en Allemagne, réalise des programmes

de nature plus fondamentale qui complètent notre recherche, l'Institut d'hydrologie du Royaume-Uni, termine cette année un programme de trois ans sur les bilans hydrique et énergétique du mil pluvial.

ROLE DU PROGRAMME AU SAHEL

Dans son plan quinquennal, le Gouvernement du Niger a opté pour une stratégie d'intensification et de stimulation du secteur agricole, qui concerne quelque 80% de la population et contribue pour plus de 45% au produit intérieur brut.

Selon le document élaboré par le Ministère du Plan (SEDES 1987), le Niger se trouve dans l'obligation absolue de redynamiser son agriculture dans le respect impératif de son potentiel de production, afin que les gains obtenus à court terme ne masquent pas la nécessité de préserver la base des ressources productives, la terre, portant garantie de ses revenus futurs.

Il y a donc une volonté de maintenir la production de l'agriculture pluviale (essentiellement le mil, le sorgho et le niébé) au niveau actuel, mais surtout d'augmenter les rendements par unité de surface pour éviter la dégradation des terres. Car jusqu'à présent, la stratégie était l'augmentation des surfaces mises en culture (Tableau 1) sans augmentation des rendements à l'hectare (Tableau 2).

Renverser cette tendance générale d'extension des surfaces cultivées et donc freiner le processus de dégradation ne sera possible qu'avec l'apport d'intrants qui permettent d'améliorer le système traditionnel. Mais, ces intrants doivent être abordables pour les paysans, acceptés et donner des résultats tangibles.

L'un de nos rôles est d'identifier des intrants de faible coût, de les tester au niveau de la recherche en station et ensuite avec nos collègues des instituts nationaux de recherche et de collaborer à leur transfert au niveau de l'exploitation.

RESULTATS ET REALISATIONS DANS LE CONTEXTE DES SYSTEMES ASSOCIES AU MIL

Cultures associées: mil/légumineuses-mil et plus particulièrement mil/niébé

Le mil et le niébé sont cultivés intensivement en association dans les zones sèches de l'Afrique de l'Ouest. Les rendements sont faibles le plus souvent, et cela en raison du caractère erratique et limitant des pluies, et de l'inadaptation consécutive des variétés traditionnelles.

Les variétés locales de mil et de niébé fleurissent généralement en fin de la saison des pluies, donc lorsque les

Tableau 1. Evolution des surfaces cultivées pour les principales cultures au Niger (1000 ha), pourcentage de la surface.

	1960		1970		1980		1985	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Céréales pluviales								
Mil	1692	59,2	2310	53,7	3072	59,0	3163	52,8
Sorgho	440	15,4	593	13,8	768	14,7	1141	19,1
Maïs	3	0,1	3	p.m.	15	0,3	4	0,1
Céréales irriguées								
Riz	8	0,3	16	0,4	21	0,4	20	0,3
Blé	0,7	p.m	0,4	p.m	0,2	p.m.	-	-
Total céréales	2144	75,0	2922	67,9	3876	74,5	4328	72,3
Niébé	375	13,1	980	22,7	1105	21,2	1566	26,2
Arachide	321	11,2	358	8,3	190	3,6	30	0,5
Manioc	14	0,5	24	0,6	31	0,6	56	0,9
Coton	5	0,2	20	0,5	4	0,1	5	0,1
Total	2859	100	4304	100	5206	100	5985	100
Surface de sol	1862	-	2715	-	3552	-	3860	-
Rapport 2/3	1,54		1,58		1,47		1,55	

1. Source: Sedes 1987.

Tableau 2. Evolution des rendements (kg/ha) pour les principales cultures au Niger.¹

	1960	1970	1980	1985
Mil	424	407	444	458
Sorgho	601	461	479	288
Riz	946	1596	1500	2803
Maïs	686	670	657	259
Blé	1208	900	-	-
Niébé	74	72	241	74
Manioc	6949	6860	7643	11700
Arachide	450	650	665	285

1. Source: Sedes 1987.

Tableau 3. Rendement en grain (kg/ha) du niébé et du mil à différentes dates de semis pour des cultivars de niébé de différents cycles, Centre sahélien de l'ICRISAT, Niger.

Dates de semis	Cultivars de niébé ²					
	Précoce		Moyen		Tardif	
	Niébé	Mil	Niébé	Mil	Niébé	Mil
Mil/niébé même jour	250	1020	340	805	3	450
Niébé, six jours après mil	190	930	180	965	-	645
Niébé 25 jours après mil	95	1200	90	1025	-	1075
ES niébé	+54					
ES mil	+63					

1. Moyenne sur 2 ans, 1985 et 1986.
2. Précoce: IT82D 716, 65-75 jours.
Moyen : TVX3236, 70-75 jours.
Tardif : Sadore local, 120-150 jours.
3. Pas de production de grain.

probabilités de sécheresse sont les plus élevées. Dans le système traditionnel, les deux cultures se concurrencent durant la majeure partie de leur croissance pour la lumière, l'eau et les éléments nutritifs; ce qui limite souvent les rendements, particulièrement lorsque la fin des pluies est précoce comme c'est le cas depuis quelques années. Dès lors, on a attaché plus d'importance à l'adaptation de variétés nouvelles, sélectionnées originellement pour la monoculture, dans le système associé, car leur cycle est inférieur à celui des variétés locales. Ces trois dernières années, les essais agronomiques se sont centrés sur les dates de semis du niébé par rapport à celui du mil, les densités de semis, la fertilité, l'interaction entre les génotypes et les facteurs qui influencent la productivité en cultures associées.

Génotypes pour cultures associées

On a entamé le triage de types contrastés de niébé pour la culture associée dès 1984. L'accent est mis sur le potentiel de rendement et l'identification de caractères utiles en culture associée. On a pu ainsi montrer durant trois années consécutives que l'association de niébés type grain et à maturité entre 55 et 65 jours après le semis est la plus intéressante. Des rendements acceptables de niébé sont obtenus et la production de mil n'est guère affectée.

Composantes agronomiques

Traditionnellement, le mil est associé avec un niébé à maturité tardive. Le mil est le plus souvent semé après la première pluie importante et les niébés le sont 2 à 4 semaines après. Dans ce cas, la production de grain de niébé est faible. On s'est dès lors attaché à étudier l'effet des modifications des pratiques agronomiques telles que la date de semis, la densité des cultivars sur les rendements du mil et du niébé.

On a ainsi comparé trois types de niébé morphologiquement différents en association avec le mil durant deux saisons successives. Les cultivars précoces de niébé furent semés à des densités supérieures (25 000 poquets/ha) à ce qui est de règle en système traditionnel (3000 à 5000 poquets/ha). Les rendements du niébé furent nettement améliorés par le semis simultané ou légèrement différé par rapport à celui du mil (Tableau 3). Les variétés tardives ont par contre un effet négatif significatif sur les rendements en mil lorsque le semis est simultané. Enfin, la production de grain du niébé est quasi nulle lors d'un semis décalé de trois semaines par rapport à celui du mil.

Densité de semis

Deux approches dans l'étude des effets de densité semblent ressortir, soit l'on présume que la finalité est l'obtention d'une récolte maximum de mil et que le niébé vient en surcroît, soit l'on manipule la géométrie de l'association tout en gardant la même population totale dans le but d'avoir un rendement optimal des deux cultures.

Dans le premier cas, on manipule donc la composante niébé au sein d'un champ de mil dont la densité est fixée et au mieux des possibilités (Figure 1, Tableau 4). Lorsque ni la fertilité ni l'eau du sol ne sont limitants, le rendement en grain du mil est peu ou pas affecté par l'augmentation de la densité de niébé.

Par contre, si l'un des deux facteurs devient limitant, particulièrement en début de saison, les rendements en mil peuvent être affectés par des densités supérieures de niébé.

L'autre approche, plus complexe, se révèle particulièrement avantageuse qu'il s'agisse de manipulations des lignes semées (Tableau 5) ou des dates de semis (Tableau 3) (Ntare et al. 1987).

Eléments nutritifs

L'emploi d'engrais, combiné à d'autres intrants, jouera certainement un rôle crucial dans la transformation de l'agriculture traditionnelle et dans l'accélération de la croissance des productions. L'utilisation d'engrais par hectare de terre cultivable est extrêmement faible en Afrique de l'Ouest. De 1979 à 1981, la consommation moyenne d'engrais en Afrique subsaharienne était de 6,4 kg/ha. Parmi les pays sahéliens, on relevait 29, 0,5, 5,7, 7,2, 0,8 et 4,6 kg/ha respectivement pour le Burkina Faso, le Tchad, le Mali, la Mauritanie, le Niger et le Sénégal (Mudahar 1986).

Cela implique que dans la majorité des cas, les paysans n'utilisent aucun engrais. Or l'on sait qu'en pays sahéliens, la pauvreté des sols en éléments nutritifs est une contrainte majeure.

Des gisements naturels de roches phosphatées existent au Niger, au Burkina Faso, au Mali et au Sénégal. Ils sont largement suffisants pour rencontrer les besoins en phosphates pour des dizaines d'années et la plupart de ces ressources sont utilisables directement ou sous formes modifiées, comme les roches phosphatées partiellement acidulées.

Un apport d'engrais adéquat, particulièrement de P et de N, permet d'intensifier l'association. On a constaté que la réponse de la céréale à l'application d'engrais était positive, par contre le niébé semé une semaine ou plus après le mil ne marquait aucune réponse (ICRISAT 1985).

Rotation des cultures pures

On peut améliorer les rendements en alternant des cultures pures de mil et de niébé, d'arachide ou de légumineuses fourragères. La céréale suivant la sole de légumineuses peut ainsi profiter de l'azote résiduel provenant de la fixation azotée. Parmi les légumineuses fourragères, on retiendra particulièrement pour la zone sahélienne le Stylosanthes hamata.

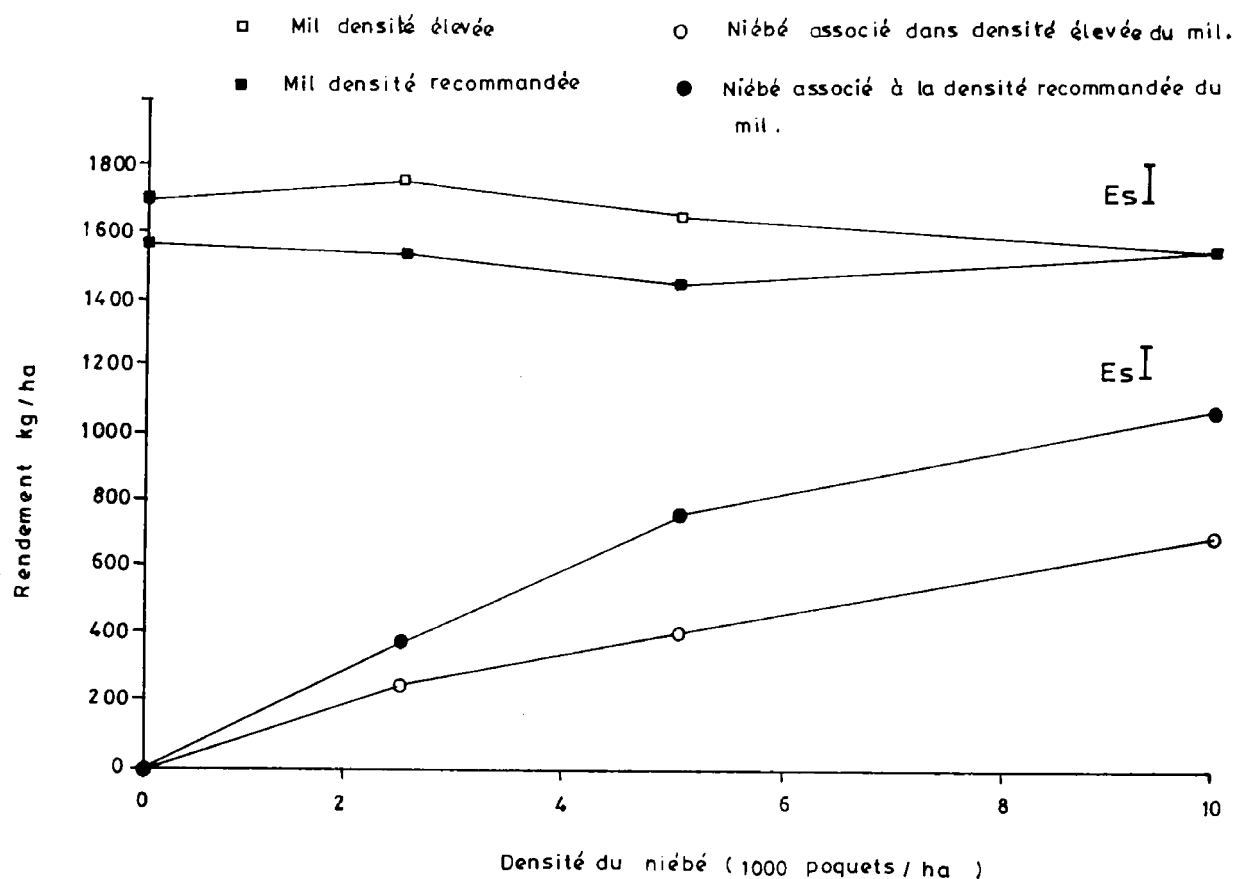


Figure 1. Rendement en grain du mil et fourrager du niébé dans un système mil/niébé Centre sahélien de l'ICRISAT, Niger, 1985 (d'après Fussell et Serafini, 1986).

Tableau 4. Rendement en grain (kg/ha) de niébé précoce et de mil sous quatre systèmes de semis de niébé, Centre sahélien de l'ICRISAT, Niger.

Année	Systèmes de semis	Ecartement niébé ¹ par rapport au mil	Rendement	
			Niébé	Mil
1985	Mil/niébé	(1 plante 10 cm)	580	1090
	Mil/niébé	(2 plantes 30 cm)	490	1205
	Mil/niébé	(3 plantes 50 cm)	500	1305
	Mil/niébé	(4 plantes 100 cm)	325	1825
	Traditionnel		2	850
	ES (+)		34	148
	CV (%)		30	24
1986	Mil/niébé	(1 plante 10 cm)	405	880
	Mil/niébé	(2 plantes 30 cm)	430	1010
	Mil/niébé	(3 plantes 50 cm)	240	1115
	Mil/niébé	(4 plantes 100 cm)	105	1077
	Traditionnel		2	775
	ES (+)		56	137
	CV (%)		27	29

1. Niébé cultivar IT82 D716, mil cultivar CIVT.

2. Pas de grain chez le niébé local.

Tableau 5. Rendement (kg/ha) de niébé précoce et de mil sous différents systèmes de semis, Centre sahélien de l'ICRISAT, Niger.

Année	Systèmes de semis	Niébé ¹		Mil	LER
		Grain	Fourrage	Grain	
1985	Mil (seul)	-	-	1243	1,00
	Mil/niébé, alternés	583	645	867	1,18
	Mil/niébé, pairés lignes	620	780	895	1,24
	Niébé seul	1185	1380	-	1,00
	ES (+)	57	78	133	
	CV (%)	23	26	31	
1986	Mil (seul)	-	-	808	
	Mil/niébé, alternés	434	530	550	1,28
	Mil/niébé, pairés lignes	529	660	687	1,58
	Niébé (seul)	723	850	-	1,00
	ES (+)	56	110	83	
	CV (%)	24	26	22	
1. Niébé TVX 3236, Mil CIVT à 10 000 poquets/ha.					

Depuis deux ans, nous avons entamé au Centre sahélien un programme de recherche où l'on associe cette espèce au mil en association ou en rotation. Les résultats, quoique préliminaires, montrent qu'une culture pure de S. hamata cv CIAT 147, a permis d'obtenir en 1986, jusqu'à 5,2 t/ha de matière sèche de fourrage.

La plupart des chercheurs s'accordent sur l'effet positif de la légumineuse sur le rendement subséquent de la céréale, mais en Afrique de l'Ouest peu de résultats le mettent en évidence et divers programmes du Centre sahélien s'attachent à quantifier cet effet.

RECHERCHE A NIVEAU OPERATIONNEL

A Sadoré

Dans une recherche à niveau opérationnel, nous avons combiné diverses composantes prometteuses issues de nos recherches des quatre années précédentes.

On peut les résumer comme suit:

- L'application de quantités limitées de phosphate (30 kg P_2O_5 /ha) est rentable (ICRISAT 1985) et multiplie le rendement en mil par 2 ou 3;

- La variété améliorée de mil ITMV 8001, recommandée pour diffusion au Niger, a donné des rendements élevés et stables en test multilocaux;

- Le cultivar de niébé TVX 3236, de type semi-érigé et précoce, a constamment dépassé les autres cultivars dans le programme IITA/ICRISAT;

- Le billonnage et le semis sur billons donne un meilleur établissement des plantes et un taux de survie ultérieur plus élevé (ICRISAT 1985);

- L'emploi de la traction animale pour le billonnage et le désherbage permet une réduction significative du temps de travail (ICRISAT 1985).

Ces composantes ont été combinées de façon systématique pour en évaluer les avantages de 1986 à 1988. Afin d'évaluer l'effet résiduel d'une légumineuse sur le mil semé l'année suivante, la rotation de soles pures ou associées a été également incluse.

On donne au Tableau 6 les 13 traitements. Dans le système traditionnel on a utilisé les cultivars locaux de mil et de niébé en travail manuel et sans engrais. Le mil est semé dès les premières pluies et le niébé trois semaines après.

Le dispositif expérimental est du type factoriel à blocs aléatoires, à 8 répétitions, la surface des parcelles

Tableau 6. Combinaisons des traitements sous évaluation à échelle opérationnelle, Centre sahélien de l'ICRISAT, Niger.

Traitement Travail	Combinaison Continu/rotation	Seul/Associé		
		1986	1987	1988
Manuell ¹	Continu	M/N ²	M/N	M/N
Manuel	Continu	M	M	M
Manuel	Rotation 1	M	N	M
Manuel	Rotation 2	N	M	N
Manuel	Continu	M/N	M/N	M/N
Manuel	Rotation 1	M/N	N	M/N
Manuel	Rotation 2	N	M/N	N
Animal	Continu	M	M	M
Animal ³	Rotation 1	M	N	M
Animal	Rotation 2	N	M	N
Animal	Continu	M/N	M/N	M/N
Animal	Rotation 1	M/N	N	M/N
Animal	Rotation 2	N	M/N	N

1. Traitement traditionnel avec des cultivars de mil local et de niébé et sans utilisation d'engrais. Toutes les autres combinaisons de traitement reçoivent 30 kg P₂O₅/ha.

2. M = mil, N = niébé et M/N = mil/niébé associé.

3. Traction animale pour le billonnage et le désherbage.

individuelles étant 500 m².

Tous les intrants et ce inclus les temps de travail sont enregistrés au cours de la saison.

En traditionnel, la densité de mil est de 6660 poquets/ha, tandis que dans les autres traitements elle est de 10 000 poquets/ha. En culture associée, le niébé fourrager traditionnel était semé à la densité de 5000 poquets/ha et en culture pure le TVX 3236 était semé à la densité de 66 000 poquets/ha.

On donne, au Tableau 7, les rendements pour 1986. On a confondu les traitements semblables. On constate qu'il y a un effet significatif du billonnage sur le rendement en grains et paille aussi bien en culture pure qu'en cultures associées.

Le billonnage n'a pas d'effet significatif sur le rendement du niébé en culture associée aussi bien en grain qu'en fourrage, mais par contre l'effet est significatif pour le rendement en grain de la culture pure. Enfin, la traction animale permet de réduire considérablement le temps de travail (Tableau 8).

Essai collaboratif INRAN-ICRISAT

Ces résultats ont été discutés avec nos collègues de l'INRAN et ils marquèrent leur intérêt à entamer une expérience similaire sur une de leurs stations. Dès cette année, 1987, on entama la recherche à niveau opérationnel à Birni N'Konni. Cette station reçoit une pluviosité moyenne de 565 mm.

Les composantes sélectionnées sont les suivantes: variétés améliorées de mil (CIVT) et de niébé (TN 578), billonnage et désherbage en traction animale, application de P (30 kg P₂O₅/ha) et rotation du mil pur et du niébé pur. Ces éléments sont combinés en 7 traitements.

CONCLUSION

La culture associée céréale/légumineuse constitue un système équilibré qui permet d'exploiter les ressources du milieu sahélien. Basé sur la tradition, il peut être amélioré par la recherche de variétés mieux adaptées à l'association et de techniques agronomiques appropriées faisant appel à des intrants de faible coût.

La recherche sur les systèmes doit être dynamique et envisager l'introduction d'espèces nouvelles dans l'association.

Par ailleurs, les bénéfices de la rotation céréale/légumineuse doivent être étudiés, quantifiés et comparés dans une perspective de marché à ceux de l'association.

L'intégration de la composante animale dans le système doit également être prise en considération.

Tableau 7. Rendements (kg/ha) obtenus dans différents traitements à l'échelle opérationnelle, Centre sahélien de l'ICRISAT, Niger, 1986.

Traitement Travail	Combinaison Continu/rotation	Mil		Niébé associé		Niébé seul	
		Grain	Paille	Grain	Foin	Grain	Foin
Manuel	Continu	300	1150	120	520	-	-
	ES (+)	34	111	7	59		
Manuel	Continu et Rotation 1	685	2015	-	-	-	-
Manuel	Rotation 2	-	-	-	-	660	480
Manuel	Continu et Rotation 1	640	2060	95	1210	-	-
Animal	Continu et Rotation 1	925	3180	-	-	-	-
Animal	Rotation 2	-	-	-	-	800	580
Animal	Continu Rotation 1	865	2770	110	920	-	-
	ES (+)	24	29	5	42	23	29
	CV (%)	31	32	45	29	24	43

Tableau 8. Temps de travail(homme heures/ha) pour les opérations dans la recherche à niveau opérationnel, Centre sahélien de l'ICRISAT, Niger, 1986.

Traitement	combinaison	Temps de travail	ES (+)	CV (%)
Travail	Associé/seul			
Manuel	Associé	423	28	19
Animal	Associé	439		
			11	9
Manuel	Associé	542		
Animal	Mil seul	209		
			8	13
Manuel	Mil seul	306		
Animal	Niébé seul	318		
			9	10
Manuel	Niébé seul	376		

BIBLIOGRAPHIE

Fussell L.K. et Serafini P.G. 1986. Intercropping - its future as a cropping system in the drought prone semi-arid tropics of West Africa. Paper presented at the International Drought Symposium, 19-24 May 1986, Nairobi, Kenya, 12 pp.

ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics) 1985. Centre Sahélien de l'ICRISAT. Rapport annuel 1985. Niamey, Niger: Centre sahélien, 81 pp.

Mudahar, M.S. 1986. Fertilizer problems and policies in sub-saharan Africa. Pages 1-32. In Management of Nitrogen and Phosphorus Fertilizers in Sub-Saharan Africa. (Mokwunye, A.U. and Vlek, P.G., eds). Dordrecht, Martinus Nijhof Publishers.

Ntare, B.R., Serafini, P.G. et Fussell, L.K. 1987. Recent developments in millet/cowpea cropping systems for low rainfall areas of the Sudano-sahelian zone in West Africa. In Proceedings of the International Workshop on soil, water, and crop management systems for rainfed agriculture in the Sudano-Sahelian Zone, 11-16 Jan. 1987, Niamey, Niger. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (in press).

SEDES 1987. Etude du secteur agricole du Niger. Bilan-diagnostic-phase 1. Document miméographé, 269 pp. et annexes.

AMELIORATION DES PLANTES

LE SORGHO DANS LES SYSTEMES DE CULTURE ET SON AMELIORATION AU MALI

Noel Beninati et Aboubacar B. Touré

Sélectionneur principal ICRISAT/MALI et
collaborateur IER, B.P. 34, Bamako, Mali.

En fixant les objectifs de sélection, le sélectionneur de sorgho doit tenir compte des différents systèmes de culture auxquels sont destinés les génotypes recherchés. Au Mali, en plus de la sélection de variétés de sorgho ayant un haut potentiel de rendement, adaptées aux différentes zones de culture, tolérantes à la sécheresse, aux insectes nuisibles et aux maladies, il est nécessaire de prendre en compte les systèmes de culture multiples et spécifiques pratiqués. Le programme coopératif d'agronomie IER/ICRISAT, débuté en 1977, avait reconnu l'importance des pratiques traditionnelles d'association de cultures. A partir de 1985, une part importante de cette recherche a porté sur l'identification de génotypes de sorgho bien adaptés à ces systèmes mixtes de culture.

Dans cette communication, nous présenterons:

- Les informations recueillies par le programme malien de sélection sur les cultivars traditionnellement utilisés par les paysans;
- Les résultats des travaux de recherche sur les systèmes de culture à base de sorgho, et enfin nos travaux de sélection de génotypes adaptés aux différents systèmes de culture.

REPARTITION DU SORGHO AU MALI

Au Mali, on note une grande variabilité chez le sorgho. La majeure partie des variétés de sorgho cultivées dans notre pays se répartissent entre trois principales races: guinea, durra et caudatum.

Race guinea

Les guinea forment le groupe le plus important et le plus diversifié des sorghos cultivés au Mali. Ils sont spécifiques des cultures pluviales et constituent dans plusieurs zones la base des cultures vivrières. Leur dispersion s'étend donc à l'ensemble du pays, avec toutefois pour certaines variétés, des zones géographiques préférentielles.

Les appellations sont aussi nombreuses que la diversité des formes. Citons pour l'essentiel: Bimbiri, Tossouma, Demba, Diansa, Kéninké, Nio, N'Pétorogé, Sampa, Séguéténé, Tiémarifing et Kendé.

Dans cet ensemble, les "Kendé" encore appelés "Kinto" ou "Kinti" s'individualisent nettement par des caractères agrobotaniques. Les paysans les reconnaissent comme étant des variétés bien distinctes. En effet, elles ne sont jamais confondues avec les autres appellations.

Race durra

Les durra sont largement cultivés au Mali. Très plastiques, ils s'accommodent de milieux écologiques divers. Ils se cultivent soit en culture pluviale, soit en culture de décrue.

Autrefois, dans le Nord du pays, ils occupaient surtout les bas-fonds se maintenant humides en fin d'hivernage. Aujourd'hui, l'utilisation de variétés précoces à bon rendement en généralise la culture dans toute la zone inondable du fleuve Niger. Les durra constituent la base des cultures de décrue semées en saison sèche; la récolte s'échelonnant jusqu'à l'hivernage suivant. Les cycles sont très variables et pour certaines variétés la date de semis peut raccourcir ou allonger le cycle.

Les appellations vernaculaires sont nombreuses, citons entre autres: Gadiaba, Sobènè, Kassaboné, Gadjankoulou, Manganié, Lakahiri, Amadi boubou, Magankoulé.

Race caudatum

Peu répandus, ces sorghos ne se rencontrent que d'une façon très ponctuelle. Peu appréciés, ils sont principalement destinés à la nourriture des chevaux ou à la fabrication de bière. La variété à grain rouge n'est utilisée que pour l'extraction, à partir de la gaine des feuilles, d'une teinture brun rouge servant principalement à teindre les cuirs. C'est le "Dieli-Nio", sorgho des cordonniers en Bambara. On le trouve parfois comme fétiche protecteur des récoltes dans les champs.

Signalons aussi qu'il existe un quatrième groupe de sorghos composé de formes intermédiaires, dont il ne faut pas négliger l'importance.

PRATIQUES CULTURALES AU MALI

Sorghum bicolor (L.) est une céréale cultivée annuellement. Au Mali, le sorgho constitue, avec le mil, la base de l'alimentation des populations. Il est difficile de préciser les superficies cultivées en sorgho, car les statistiques englobent souvent mil et sorgho sur un total de 130 00 ha pour les deux cultures en 1985 (CEE, 1986). Selon les dernières données statistiques disponibles sur les associations, à peu près 23% des surfaces cultivées en sorgho étaient en association avec le niébé qui est l'association la plus importante (Tableau 1).

La culture du sorgho y est généralement traditionnelle. Il

existe deux types de culture pratiqués depuis des temps immémoriaux: la culture pluviale et la culture de décrue.

Culture pluviale ou d'hivernage

Ce mode de culture est soumis sur l'ensemble du pays au régime saisonnier des pluies. Dans les régions faiblement peuplées, il est encore de type itinérant. Dans les régions à très forte densité démographique, où l'équilibre entre les terres cultivées et la fertilité naturelle est rompu, les paysans utilisent des techniques culturales plus élaborées avec fumure et assolement. La pratique la plus courante est la culture sur billon ou sur buttes individuelles, exception faite pour certains sols très sableux travaillés à plat. Le travail du sol se fait à la "daba".

Notons que la culture attelée dans les régions arachidières et cotonnières profite largement au sorgho. Elle est en pleine expansion dans les principales zones de production de sorgho et de mil (Koutiala, Ségou et Séno). Le mode de semis est variable suivant les régions et les habitudes culturales. Les parcelles fumées proches des habitations sont réservées aux variétés précoces plus sensibles que les tardives à l'apport de matière organique.

Bien que les cultures en parcelles pures soient les plus fréquentes, il n'est pas rare de trouver certaines associations aux diverses motivations. Dans le Nord, le maïs ou le sorgho précoce peuvent être mélangés aux sounas cultivés près des cases. Chez les Sénoufos et Miniankas, mils et sorghos peuvent être semés en parcelle pure, en poquets séparés dans un même champ, voire ensemble dans un même poquet. Dans la région Ouest, où s'étend le plateau Mandingue, le mil est peu cultivé. Il se rencontre rarement en parcelle pure. Les paysans en sèment quelques lignes dans les champs d'arachide ou en mélange avec le sorgho.

La technique du démariage est peu courante. Elle est surtout pratiquée lorsqu'il faut combler "les manques à la levée", en particulier dans les semis des variétés tardives.

Cultures de décrue

Ces cultures sont beaucoup moins répandues que la culture pluviale. Elles se pratiquent dans la vallée du Sénégal et la vallée du Niger et autour de certains lacs. Dans ces régions, elles représentent la grande originalité de l'agriculture traditionnelle. Les cultures de décrue se pratiquent soit en fin d'hivernage avec récolte en saison sèche, soit à cheval sur la saison sèche et la saison des pluies suivante. Les premières concernent surtout les terres de dépression formant mare en hivernage et se vidant ensuite par le double phénomène évaporation-infiltration (Cercle de Niourou, Nara, Mare de Fossa à Hombori). Les plantes issues des semis effectués après l'arrêt des pluies se développent uniquement grâce à l'eau emmagasinée dans le sol. Le cycle semis-récolte se situe entièrement en

saison sèche. Le semis se fait en sol ressuyé après le retrait des eaux.

Les secondes se pratiquent uniquement sur les terres inondables de la vallée du Niger en aval de Macina et la chaîne des lacs rive gauche, rive droite et du delta vif. La décrue permettant les cultures ne débute qu'à la fin janvier et se poursuit plus ou moins rapidement jusqu'en avril. La montée des eaux reprendra dès septembre et se prolongera jusqu'à novembre-décembre pour le lit moyen et beaucoup plus tard, février-mars, pour les lacs éloignés. Le cultivateur disposera donc pour mener sa culture d'une période comprise entre janvier-avril pour les semis et septembre-octobre pour les récoltes suivant les régions et l'importance des crues. Les semis se pratiquent soit directement, soit en pépinière avec repiquage des plants. Semis ou repiquage s'effectuent sans préparation préalable du sol.

Dans ces zones, on observe également une culture associée sorgho/niébé et à petite échelle une culture sorgho/maïs dans la région de Goundam, dans les lacs Fati, Horo et Faguibine.

EVALUATION DES RESSOURCES PHYTOGENETIQUES

En 1978-79, une collection mils, sorghos et fonios a été réalisée, grâce à la collaboration du Centre international des ressources phytogénétiques, dans les cinq principales régions productrices de sorgho au Mali. En tout, 800 sorghos ont été collectés. Ces sorghos ont été numérotés comme CSM (Collection des sorghos maliens) de CSM-1 à CSM-800.

En 1982, une autre collecte, financée par le même organisme, rassemblant 369 écotypes de sorgho dans les 5^e, 6^e et 7^e régions avait été organisée pour compléter la première prospection.

Pendant les campagnes 1979, 1980 et 1981, la première collection a été évaluée systématiquement en vue d'introduire les matériels utiles dans les programmes d'amélioration sorgho. Voici la synthèse résumant le processus et les résultats de cette évaluation.

Buts

Les buts principaux de l'évaluation étaient de relever les informations suivantes pour chaque écotype:

- L'identification de la race phénotypique;
- La détermination du cycle et de la sensibilité à la photopériode;
- L'adaptation générale à travers une gamme d'écologies contrastées;
- La détermination des gènes qualitatifs à haute hérédabilité;
- La détermination de la capacité de restaurer la fertilité ou de maintenir la stérilité mâle cytoplasmique (Milo-Kafir).

Processus et résultats

L'identification de la race phénotypique

L'espèce Sorghum bicolor a été divisée en races par plusieurs auteurs. Snowden a présenté une classification exhaustive de l'espèce dans laquelle tous les sorghos africains peuvent être classés. Récemment, Harlan et De Wet ont voulu simplifier l'espèce par une division en cinq grands groupes: guinea, durra, bicolor, kafir et caudatum.

Nous avons préféré emprunter les dénominations des races locales bien connues des cultivateurs. Les principales races de sorgho rencontrées au Mali sont:

- Kéninkés: Guineense gambicum de Snowden et Viguiet;
- Kendés: Guineense margariteferum de Snowden;
- Gadiabas: Durra cernuum de Snowden;
- Nio-Fionto: Nervosum membranaecum de Snowden.

Chaque race est caractérisée par la forme de sa panicule, la forme et l'orientation de ses glumelles, la forme et la grosseur de son grain.

Détermination du cycle et la sensibilité à la photopériode

Chez les écotypes locaux, le cycle est souvent fonction de la date de semis. Pour cerner le cycle et la sensibilité à la photopériode, chaque écotype a été semé en deux lignes de 4 m de long dans plusieurs localités et à diverses dates de semis. Cette étude a montré l'existence des écotypes strictement non sensibles, des écotypes strictement sensibles et des intermédiaires.

Le cycle aussi était assez variable. Il y a les précoces qui fleurissent en 55-65 jours, les semi-tardifs qui fleurissent en 70-90 jours et les tardifs qui fleurissent après 90 jours.

Adaptation générale à travers les écologies contrastantes

La collection a été semée, en 1979, dans quatre localités de latitude et de pluviométrie contrastées à savoir:

- Dalabani, 11°20' N, 1200 mm;
- Sotuba, 12°40' N, 1000 mm;
- Cinzana, 13°30' N, 650 mm;
- Samé, 14°40' N, 400 mm.

Quelques écotypes se sont comportés relativement bien sur les quatre sites. Les meilleurs ont été retenus pour confirmer leur bonne adaptation pendant la campagne 1980. Les meilleures variétés précoces, semi-tardives et photopériodiques ont fait l'objet de tests de rendements multilocaux en 1981.

Ces tests ont permis d'identifier des écotypes qui dépassent

Tableau 1. Evolution des superficies des sorghes en culture et en association au Mali.

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Année de culture	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie	Superficie
Sorgho	217 665	258 736	288 657	337 336	359 845	408 630	453 303	441 040
Sorgho/mala	18 038	12 702	23 939	31 737	18 923	15 088	38 810	--
Sorgho/mil	39 447	40 279	32 138	48 574	15 902	27 386	36 978	--
Sorgho/arachide	--	5 087	19 022	18 845	--	--	14 733	--
Sorgho/néré	82 579	57 645	151 689	156 459	67 822	110 833	145 510	89 436

Source: Direction nationale de la statistique et de l'informatique (DNSI, février 1985).

Tableau 2. Répartition des lignées R et B parmi les races maliennes de sorgho¹.

		Races					Total
Lignées	Kendé	Kéninké	Gadiaba	Kéninké gadiaba	Niofionto	Feterita	
Total des écotypes collectés	138	436	151	29	14	7	775
Total des hybrides F ₁	52	116	34	16	5	4	227
Nombre des hybrides F ₁ mâles-stériles (lignées B)	19	41	16	8	2	0	86
Nombre des hybrides F ₁ fertiles (lignées R)	33	75	18	8	3	4	141

1. Source: Touré et Scheuring 1982.

de loin les témoins vulgarisés actuellement au Mali. Certaines de ces variétés sont en voie d'être introduites dans les essais de pré-vulgarisation, en vue d'une éventuelle diffusion. De plus, les meilleurs écotypes forment la base de notre programme de sélection.

Détermination des gènes qualificatifs

En 1979, des gènes à haute héritabilité ont été recensés pour chaque écotpe, à savoir:

- La couleur du péricarpe;
- L'épaisseur du péricarpe;
- La présence ou absence de la couche brune;
- La couleur des glumes;
- La présence ou absence d'une fente sur les glumelles;
- L'aristation;
- La couleur de la plante;
- La couleur du coléoptile.

Ces informations permettent d'identifier chaque écotpe et de prédire les phénotypes des descendance issues de parents maliens.

Identification des lignées R et B

Les mâles-stériles cytoplasmiques (variété américaine AT x 623) ont été intercalés entre les parcelles de la collection. A la floraison, le plus grand nombre possible d'écotypes de la collection ont servi comme parents dans le croisement avec AT x 623). En tout, 227 croisements hybrides F_1 ont été réussis. En 1980, les hybrides F_1 ont été semés avec leur parent malien côte à côte dans les essais d'observation multilocaux. Cinq plantes de chaque hybride F_1 ont été ensachées avant la floraison. A l'anthèse, la fertilité des anthères était notée, ainsi que le remplissage des graines à la maturité.

Sur les 227 hybrides, 141 ont produit du pollen et 86 se sont révélés être mâles-stériles. La stérilité mâle des 86 hybrides a été confirmée par l'absence de pollen et le fait qu'aucune graine ne s'est formée sur les panicules ensachées.

La répartition des lignées restauratrices de fertilité (lignée B) entre les races maliennes de sorghos est présentée au Tableau 2.

Tous les groupes raciaux contiennent plus de 30% de lignées B, avec l'exception des Fétérita dont l'échantillonnage est faible.

Les points de collecte des lignées B sont régulièrement répartis à travers les cinq régions du Mali, où a été faite la prospection (Touré et Scheuring 1982).

Durant la campagne 1982, la deuxième collection a été

évaluée. Cette évaluation a porté sur 369 écotypes, soit de CSM 801 à CSM 1269 (Diarra 1982).

Les principaux groupes de sorghos rencontrés dans ces régions de lacs sont les suivants: Hambo, Saba, Sota, Keninké, M'bayeri, Djebana, Doundoum koumari.

La ressemblance des caractéristiques morphologiques entre différents groupes de sorgho et l'analyse statistique montrent que certains groupes pourraient appartenir à la même race:

Saba. Ils constituent la majeure partie du matériel sorgho de cette deuxième collection. Ils sont caractérisés par de gros grains farineux. Ils appartiennent à la race durra et particulièrement à la sous-race Sorghum cernuum-confusum. Ils sont très variables; on les a rencontrés dans tous les lacs prospectés.

Djibi. Viennent après les Saba et sont caractérisés par les grains dont les glumes restent adhérentes même après battage. La couleur des glumes est variable, allant de jaune-paille à noire en passant par le jaune, le rouge-brique et le brun. Les grains sont vitreux. C'est également une variété de lacs. Ils appartiennent à la sous-race Sorghum nigericum et sont relativement homogènes.

Sota. Ils sont caractérisés par des panicules très lâches, ou lâches. Les glumes n'adhèrent pas au grain à maturité. Ce dernier peut être souvent très vitreux. Ils appartiennent à la race Guinea. On les rencontre surtout sous culture pluviale.

M'bayeri. Ils sont caractérisés par de gros grains. On rencontre toute une gamme de vitrosité. La panicule peut être compacte ou semi-compacte. Ils appartiennent à la sous-race Sorghum cernuum-confusum.

Djebana. Ils se rencontrent uniquement dans les lacs de Kabara et Tanda. Les glumes portent souvent des soies. Les grains sont gros et peu vitreux.

Sorghos sucrés. On regroupe sous le nom de sorghos sucrés les sorghos du nom Kano, les sorghos dont le nom se termine par "kara", "kalodouma". Ils appartiennent à la sous-race Sorghum mellitum. Sont aussi appelés sorghos sucrés, les sorghos du nom "albacari" et "doundoum koumari". Leur place dans la classification est encore mal définie, mais selon Pasquereau ils appartiennent à la sous-race Sorghum cernuum-confusum.

Il est à noter que ces sorghos sont très variables tant pour la forme de la panicule que la couleur des grains. Il est donc possible qu'il y ait une différence dans la teneur en sucre.

A l'issue des comparaisons effectuées entre Saba, M'bayeri, Djebana, Sota, Keninké et Hambo, il ressort que:

- Pour le cycle: ils présentent la même précocité. On note seulement quelques jours de décalage entre leur date d'épiaison.

- Pour la longueur de la panicule: ce sont les Sota et les Keninkés qui se classent au premier rang avec des panicules lâches et longues caractéristiques des sorghos de la race guinea. Ensuite viennent les M'bayeri, Saba et Hambo, dont les panicules courtes et compactes sont caractéristiques des sorghos de la race durra.

- Pour le poids 1000 graines: ce sont les Saba et les M'bayeri qui se sont montrés remarquables pour la grosseur des grains. Ensuite viennent dans l'ordre les Keninkés, les Sota, puis les Hambo.

Le programme d'amélioration sorgho est solidement basé sur les écotypes de la collection de sorghos maliens. Plusieurs variétés sont en essais de pré-vulgarisation en vue d'une éventuelle diffusion. Les meilleures variétés de la collection occupent une place de plus en plus importante dans notre programme de sélection, car les variétés locales sont bien adaptées et présentent de bonnes caractéristiques de grain. Au fur et à mesure que des génotypes intéressants sont identifiés, des mini-prospections sont organisées afin de collecter intensivement et les matériels et les informations précises.

Notre programme reste disponible pour l'échange de matériels et de méthodologies d'exploitation pour tout pays intéressé.

SYSTEMES DE CULTURE

Dans leur revue des travaux sur les systèmes de culture sur le sorgho, Willey et al 1982, ont montré que, compte tenu de son utilisation efficace de l'eau et des éléments nutritifs, le sorgho est particulièrement bien adapté aux systèmes de cultures associées, surtout lorsque les phases de croissance principales des membres de l'association ne coïncident pas.

Ils ont cité en exemple de systèmes de culture de l'Afrique de l'Ouest, de l'Ethiopie et de l'Amérique centrale, où l'on utilise des variétés de sorgho photosensibles et tardives en association avec des céréales ou des légumineuses de cycle court. Dans certaines régions, les paysans et les chercheurs ont choisi des variétés précoces de sorgho pour les associer au pois d'Angole et au coton de cycle long, aux céréales et aux légumineuses de même cycle ou plus précoces. Dans certaines régions semi-arides de l'Inde, où la saison des pluies est relativement longue et où les sols ont une forte capacité de rétention, les recherches ont montré qu'il est possible d'accroître la productivité du système de 40 à 100%, en exploitant une variété précoce de sorgho et une deuxième culture.

Il existe d'autres systèmes, tels que le système de culture de relais avec un sorgho de cycle court, ou de culture de sorgho

avec repousse après coupe où l'une des deux récoltes peut être utilisée comme fourrage.

Une série d'expérience sur l'association sorgho/mil menées au Centre ICRISAT en Inde, a montré des augmentations de rendement de l'ordre de 30% par rapport à la culture pure. Malgré une différence de maturité entre les deux cultures, de meilleurs rendements ont été obtenus avec un sorgho de grande taille (71 jours à la floraison), associé à un mil de grande taille (58 jours), et un sorgho de courte taille (48 jours), associé à un mil de courte taille (62 jours).

Les auteurs n'ont pu définir avec certitude les caractéristiques expliquant l'avantage de l'association pour ces deux espèces. La maturité et la taille n'expliquant que 22% de la variation du LER pour les 16 combinaisons de génotypes étudiées.

Selon la littérature sur les systèmes de culture à base de sorgho en Afrique de l'Ouest, Shetty (1985) a rapporté que les systèmes traditionnels sont largement dominés par les systèmes en relais avec semis entre mai et août. Il a suggéré l'utilisation de variétés précoces à la place des sorghos locaux qui sont généralement tardifs. Ainsi, un rendement important des deux composantes de l'association peut être obtenu, si ces variétés précoces sont semées tardivement, afin d'éviter la compétition avec la culture en association.

Les résultats des essais menés au Mali par les agronomes du programme coopératif IER/ICRISAT (ICRISAT 1985, 1986) ont permis d'identifier des génotypes plus performants dans l'association sorgho/niébé. Des neufs génotypes de sorgho évalués en 1985, et des sept en 1986, c'est la variété locale, CSM 388, de haute taille qui a une action dépressive sur le niébé. Par contre, la variété améliorée Malisor 84-7 de courte taille, malgré son rendement relativement bas dans l'association, s'est avérée la plus productive.

CHOIX DE GENOTYPES POUR L'ASSOCIATION

La décision portant sur le stade (F_4-F_x) où il faut dans un programme de sélection cribler les génotypes pour les cultures associées dépend de nombreux facteurs:

- L'importance relative de l'association par rapport à la culture pure dans la zone;
- L'existence d'interactions entre les génotypes et le système de culture;
- Les interactions capables de changer les performances des génotypes selon le système (monoculture ou association de cultures);
- La disponibilité des moyens requis pour mener un travail

supplémentaire de criblage et de sélection de génotypes adaptés aux associations.

Les associations à base de sorgho sont des pratiques courantes au Mali et la Commission technique (1986) a recommandé d'intensifier les recherches sur ces systèmes. Willey et al 1981 ont souligné que les génotypes doivent être sélectionnés pour le système de culture spécifiques où ils sont cultivés, mais cela ne veut pas dire que les différents systèmes de culture ont nécessairement des besoins en génotypes très différents. Les seules exigences du système pourraient être la taille et la maturité de la variété de sorgho.

La nécessité d'un génotype différent pour l'association de culture, et la monoculture, pourrait bien dépendre et de l'importance relative du sorgho et de sa densité dans le système par rapport à la deuxième culture.

PERSPECTIVES D'AVENIR

Dans un proche avenir, notre programme d'amélioration du sorgho au Mali continuera à sélectionner des lignées en monoculture pour leur adaptation dans les différentes zones écologiques. La sélection sera menée sur le cycle, la résistance aux insectes et aux maladies, la tolérance à la sécheresse, l'accroissement du potentiel de rendement et de la qualité du grain.

Le programme continuera à produire un bon nombre de lignées différentes par l'architecture et le cycle, constituant ainsi une gamme de matériels qui pourra être testée par le programme d'agronomie dans les diverses associations de culture. Lorsque des systèmes de culture à base de sorgho seront identifiés comme ayant un intérêt pour les paysans, nous déterminerons les caractéristiques convenables pour l'association.

Nous menons actuellement à travers le pays un essai incluant nos meilleures variétés locales, améliorées et introduites pour étudier leur adaptation. Cette étude nous aidera à mieux comprendre le rôle joué par le photopériodisme dans l'adaptation dans les zones sahéliennes et dans les zones plus humides du Mali. Nous devons identifier les contraintes liées à la productivité de chaque variété en dehors de sa zone d'adaptation normale. Ces informations nous permettront de déterminer les futures stratégies pour produire des lignées de sorgho avec une large gamme de matériels convenant à différents systèmes de cultures dans diverses zones du Mali.

BIBLIOGRAPHIE

Communauté économique européenne (CEE), 1986. Office statistique des communautés européennes; statistiques de base: céréales/élevage, Bamako, Mali.

Commission technique des productions vivrières et oléagineuses, Bamako, du 20 au 24 mars 1984. Document N°3-2.

Diarra A. 1982. Evaluation des mils et sorghos de la 5^e, 6^e et 7^e région. Mémoire de fin d'études. Institut polytechnique rural de Katibougou.

IBPGR-ORSTOM 1980. Prospection des mils pénicillaires, sorghos et graminées mineures en Afrique de l'Ouest, campagne 1978. République du Mali.

ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics) Mali 1986. Annual report 1985. B.P. 34 Bamako, Mali.

ICRISAT/Mali Annual report 1986. B.P. 34 Bamako, Mali.

Institut d'économie rurale, Mali 1986. Recommandations de la Commission technique sur les productions vivrières et oléagineuses.

Konaté I.K., Doumbia O.P., Scheuring J.F. 1985. L'amélioration et la culture du sorgho au Mali. In Proceedings of the Regional workshop on sorghum improvement in West Africa, 27-30 Nov. 1984, Ouagadougou, Burkina Faso.

Scheuring J.F. et Niangado O. Exploitation des collections mils et sorghos maliens.

Shetty S.V.R. 1984. Agronomic approaches to improve sorghum based cropping systems in West Africa. 289-311 pp In Sorghum improvement in West Africa Proceedings. Travaux de l'atelier régional, Ouagadougou, 27-30 nov. 1984, Burkina Faso.

Touré A.B. 1980. Etude de l'effet hétérosis chez le sorgho au Mali. Mémoire de fin d'études. Institut polytechnique rural de Katibougou.

Touré A.B. et Scheuring J.F. 1982. Présence de gènes mainteneurs de l'androstérilité cytoplasmique parmi les variétés locales de sorgho au Mali. Agronomie tropicale, 1982. N°4 octobre-décembre.

Touré Seydou 1979. Etude de la prospection 1978-1979 des sorghos cultivés au Mali. Observations sur quelques caractères génétiques et leur variabilité. Mémoire de fin d'études. Institut polytechnique rural de Katibougou.

Travaux de l'Atelier régional, organisé du 27 au 30 novembre 1984, Ouagadougou, Burkina Faso.

Willey R.W., Rao M.R., Reddy M.S. et Natarajan M. 1982. Cropping systems with sorghum. In sorghum in the eighties. Proceedings of the International symposium on sorghum, ICRISAT, 2-7 Nov. 1981, Patancheru, A.P., Inde.

Willey R.W. et Rao M.R. 1981. Genotype studies at ICRISAT. In

ICRISAT, Proceedings of the International workshop on
intercropping, 10-13 Jan. 1979, Hyderabad, India.

LES SYSTEMES DE PRODUCTION A BASE DE MIL AU MALI ET SON AMELIORATION AU POINT DE VUE CREATION VARIETALE

Niangado O., Traoré K.A. et Yattara K.

Directeur de la Station de Cinzana et collaborateurs,
s/c S.R.C.V.O, B.P. 438, Bamako, Mali.

DONNEES STATISTIQUES

Le mil (Pennisetum americanum (L.) Leeke) constitue la plus importante céréale du Mali, tant par la superficie que par la production (Tableaux 1 et 2).

Essentiellement autoconsommée, la production est réalisée sous différentes conditions (pluviale et décrue). Les principales zones de production sont les régions de Ségou et de Mopti (Tableau 3). Les rendements, très variables d'une région à l'autre, dépassent très rarement 1000 kg/ha (Tableau 4).

Dans toutes les régions, la culture du mil coexiste avec celle du sorgho (Sorghum bicolor (L.) Moench). Mais, la conjonction des facteurs édaphiques et climatiques fait qu'il est très difficile de définir une large zone à sorgho distincte d'une zone à pénicillaire. Cependant, entre les isohyètes 700 et 800 mm, on observe une séparation des deux cultures avec le mil au Nord et le sorgho au Sud. Cette limite, qui passe au milieu de la zone soudanienne Nord correspond à la limite Nord de la zone à karité (Butyrospermum parkii) (Bouchet 1963).

Dans certaines zones, on note une préférence pour l'une ou l'autre de ces deux céréales. Toujours selon Bouchet (1963), les groupes Malinké et Bambara auraient une nette préférence pour le sorgho, et les groupes Sénoufo et Minianka pour les pénicillaires. Ce qui expliquerait, selon le même auteur, l'importance de ceux-ci dans les cercles de Sikasso et Koutiala, bien que les conditions y soient favorables aux sorghos. Par contre, pour Pasquereau (1965), les Bambara préfèrent le mil au sorgho. En ce qui concerne la répartition selon les ODR (Opérations de développement rural), c'est la CMDT (Compagnie Malienne de Développement des Textiles) et l'OMM (Opération Mil Mopti) qui regroupent 44% des superficies, avec respectivement 23% pour la CMDT et 21% pour l'OMM. Il s'agit, en fait ici, des superficies des mils et des sorghos (Figure 1). Les zones hors opérations regroupent quant à elles 33% de la superficie totale des mils et sorghos et 34% de la production, alors que la zone CMDT et la zone OMM produisent respectivement 26 et 14% (Tableaux 7 et 8). Ce qui dénote un niveau de rendement assez important pour ces zones qui ne bénéficient que d'un encadrement sommaire.

SYSTEMES TRADITIONNELS DE PRODUCTION DU MIL

Le mil est cultivé au Mali selon un système d'agriculture itinérante. Les cultures suivent une rotation variable selon les zones. Dans ce système, la fertilité des sols s'épuise au bout de 5 à 8 ans. La restauration de la fertilité est obtenue en laissant la terre en jachère pendant une longue période, variable selon la fertilité initiale du sol, la superficie disponible et la croissance démographique.

Le système de culture dominant est la culture pure. Mais très fréquemment, on associe au mil d'autres espèces comme le niébé, l'arachide, le sorgho, l'oseille de Guinée, le sésame et le maïs. Cette association peut également être constituée de deux variétés de mil, l'une précoce et l'autre tardive.

L'inventaire des principales associations à base de mil montre que ce sont les associations mil/niébé, maïs/mil et mil/sorgho qui sont les plus importantes (Tableau 5):

- L'association mil/niébé: On la rencontre un peu partout. Suite à l'enquête agricole de 1982 (Tableau 6), il apparaît que c'est dans les régions de Koulikoro et Mopti où cette association est la plus répandue;

- L'association maïs/mil: Elle est surtout pratiquée dans la région de Sikasso;

- L'association mil/sorgho: On la rencontre dans les limites des zones de culture du sorgho. Mais, elle est surtout importante dans les régions de Koulikoro, Ségou et Mopti.

Du point de vue topographique, on distingue, par rapport au village, deux types de champs:

- "Soforos", ou champs de case, qui sont en général bien fumés (compost naturel, fumier de parc). On y cultive surtout les variétés précoces destinées à la couverture des besoins en période de soudure;

- "Coungo foros", ou champs de brousse, qui reçoivent les variétés tardives sur la fertilité naturelle des terres.

En zone Sud, les variétés précoces de mil sont remplacées par le maïs qui comme nous le verrons est cultivé en association avec le mil tardif. Les travaux champêtres occupent une place importante dans le calendrier agricole. Le ramassage des pailles ou le dessouchage des nouveaux champs sont exécutés à l'approche de l'hivernage. Il est à noter que les paysans laissent dans leurs champs certains arbres utilitaires comme le karité (Butyrospermum parkii), le balanzan (Acacia albida) et le néré (Parkia biglobosa). Seuls les arbustes sont coupés au ras du sol.

Même avec le développement de la culture attelée, les pieds de balanzan et de karité sont laissés sur place. L'agriculteur arrive à s'accommoder de la présence de ces arbres. Très tôt, on a pu mettre en évidence le rôle fertilisant des balanzans (Dancette et Poulain 1968). Pour le karité et le néré, leur rôle

Tableau 1. Evolution de la production des principales céréales (toutes catégories d'exploitation, en tonnes).¹

Années	Cultures					Total
	Mil	Sorgho	Maïs	Riz	Fonio	
1975	635 497	217 665	33 358	118 027	73 833	1 078 380
1976	528 290	258 736	30 708	116 596	58 450	992 780
1977	496 788	288 657	54 678	133 136	56 515	1 029 774
1978	575 901	338 866	42 814	111 322	54 322	1 123 578
1979	593 809	359 866	45 535	242 534	31 858	1 275 602
1980	697 589	408 605	40 865	135 275	49 270	1 331 604
1981	719 207	453 310	69 192	115 593	70 263	1 427 565
1982	920 511	441 098	47 361	181 624	40 226	1 630 820

1. Source: Rapport de l'enquête agricole 82-83.

Tableau 2. Superficies cultivées des principales céréales par région, en ha.¹

Régions	Cultures				
	Mil	Sorgho	Riz	Maïs	Fonio
Kayes	77 044	122 726	1 364	12 727	3 182
Koulikoro	39 936	47 923	270	4 526	4 526
Sikasso	23 944	88 843	16 692	17 643	5 461
Ségou	425 592	131 537	56 833	10 703	22 251
Mopti	323 555	36 655	72 660	1 762	4 582
Tombouctou	30 442	13 040	18 578	-	224
Gao	-	374	15 227	-	-
Total	920 511	441 040	180 624	47 361	40 286

1. Source: Rapport de l'enquête agricole 82-83.

Tableau 3. Evolution de la production des principales céréales par région et année (toutes catégories d'exploitations, en tonnes).¹

Régions	Cultures				
	Mil	Sorgho	Maïs	Riz	Fonio
Kayes	46 889	68 247	7 829	1 208	1 777
Koulikoro	94 379	91 203	15 605	409	1 624
Sikasso	49 689	154 493	53 399	20 849	5 052
Ségou	327 223	82 249	10 940	76 613	11 944
Mopti	108 403	24 481	1 538	29 107	3 140
Tombouctou	2 663	6 785	-	4 588	-
Gao	-	-	-	19 859	-
Années					
1982	629 245	427 457	89 310	152 633	23 537
1981	537 900	412 200	61 100	134 800	53 400
1980	419 600	288 700	45 400	121 600	25 700
1979	349 701	395 857	73 915	240 116	17 317
1978	552 106	358 112	103 510	158 292	39 107
1977	521 491	439 987	114 897	303 203	51 367
1976	480 788	348 363	63 837	298 406	43 611
1975	618 839	277 080	62 336	190 036	57 005

1. Source: Rapport de l'enquête agricole 82-83.

Tableau 4. Rendement des cultures pures pour les exploitations agricoles en kg/ha.¹

Régions	Année	Cultures				
		Mil	Sorgho	Riz	Fonio	Mais
Kayes	1981	590	572	1 217	567	740
	1982	587	558	- 2	559	522
Koulikoro	1981	1 066	1 649	1 115	307	1 096
	1982	887	1 440	-	403	1 432
Sikasso	1981	927	924	985	808	1 086
	1982	1 013	1 050	975	801	959
Ségou	1981	917	820	-	957	1 138
	1982	778	638	-	537	948
Mopti	1981	532	519	718	349	325
	1982	329	897	389	270	873
Tombouctou	1981	290	734	-	-	-
	1982	83	490	133	-	-
Gao	1981	-	-	260	-	-
	1982	-	-	952	-	-

1. Source: Rapport de l'enquête agricole 82-83.

2. Non disponible.

Tableau 5. Evaluation de la superficie cultivée en mil (*P. americanum*).¹

Cultures	Années				
	1978	1979	1980	1981	1982
Mil pur	575 563	593 372	697 589	719 207	920 511
Mil-niébé	62 208	9 584	39 151	14 580	55 473
Maïs-mil	29 100	21 958	10 562	16 345	33 685
Mil-arachide	2 678	-	2 461	2 195	1 186
Mil-sorgho	48 574	15 902	27 386	36 978	41 821

1. Source: Rapport de l'enquête agricole 82-83 DNSI, février 1985.

Tableau 6. Superficie des exploitations agricoles pour les principales associations à base de mil en 1982 (ha).¹

Région	Types d'association				
	Mil niébé	Maïs mil	Mil sorgho	Mil arachide	Mil pur
Kayes	-	15	2 727	144	77 044
Koulikoro	31 948	-	23 163	74	39 936
Sikasso	2 730	33 395	1 470	840	23 944
Ségou	-	275	4 788	128	425 592
Mopti	20 795	-	8 106	-	323 553
Tombouctou	-	-	1 567	-	30 442
Gao	-	-	-	-	-
Total	55 473	33 685	41 821	1 186	920 511

1. Source: Rapport de l'enquête agricole 82-83 DNSI, février 1985

Tableau 7. Superficie de mil, sorgho, fonio de 1977 à 1987 en ha.¹

ODR et Organisme	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	
ODIK	72 200	76 665	70 710	62 500	111 010	110 650	105 618	90 386	111 760	101 415	
ODIB	448	1 378	420	650	1 260	1 437	1 286	1 463	2 004	2 009	
OMH	273 777	275 974	327 779	336 850	261 093	328 393	236 788	95 396	369 750	363 040	
OHV	18 550	27 700	30 000	20 453	86 750	93 500	95 270	87 024	108 962	101 021	
ODIPAC	436 740	461 140	465 140	456 965	128 350	139 900	123 587	72 672	82 337	86 390	
ARS-Gao	1 800	1 600	1 960	3 374	1 357	2 833	516	27	3 188	5 061	
OZL	72 630	17 100	18 600	17 000	17 500	9 412	34 351	13 062	22 965	52 640	
OVSTM	42 000	14 500	36 000	32 866	24 670	25 750	21 920	31 896	38 970	26 355	
ABD	7 700	5 200	5 000	-	-	-	2 264	1 001	552	3 595	
CMDT	435 000	375 000	390 000	390 698	475 340	450 000	450 000	350 000	399 022	400 000	
OPSS	28	22	35	51	66	18	28	21	39	36	
DFVDS	-	-	-	-	-	-	-	-	6 615	-	
ZHO	21 300	155 000	154 000	98 409	323 647	248 580	217 484	191 640	605 054	558 033	
Total	1 382 123	1 411 279	1 499 848	1 419 816	1 431 043	1 407 472	1 289 112	924 488	1 751 258	1 699 495	

1. Source: OSCE, 1987.

Tableau 8. Production de mil, sorgho, fonio de 1977 à 1987 en tonnes.¹

ODR et Organisme	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	
ODIK	37 712	47 922	32 022	22 950	71 863	71 150	2 286	52 630	90 276	65 900	
ODIB	4 060	578	545	620	882	1 293	594	1 170	1 823	1 818	
OMH	167 174	170 072	151 315	146 072	150 539	105 744	120 188	42 514	183 650	181 520	
OHV	16 920	32 400	42 300	20 453	65 062	63 828	48 656	77 277	99 782	96 070	
ODIPAC	229 043	305 643	242 643	212 963	90 000	97 200	51 039	54 469	63 471	82 070	
ARS-Gao	840	800	850	1 444	899	1 136	76	3	120	2 119	
OZL	42 129	9 579	11 470	13 300	14 000	2 778	11 085	1 690	15 386	72 931	
OVSTM	25 200	8 400	28 000	19 468	14 772	14 494	8 357	22 048	28 979	21 860	
AB Diré	3 000	1 800	1 800	-	-	-	901	390	465	2 796	
CMDT	270 000	328 500	356 400	195 536	308 971	360 000	360 000	200 000	353 688	352 000	
OPSS	13	13	26	51	62	22	30	24	39	46	
ZHO	15 538	77 688	74 700	22 114	145 751	77 299	71 841	69 030	436 120	451 677	
Total	807 629	983 395	942 071	654 971	862 801	795 944	675 053	521 245	1 279 260	1 330 806	

1. Source: OSCE, 1987.

dans l'alimentation humaine était établi depuis fort longtemps. Mais, à l'instar des balanzans, leur rôle sur les facteurs pédoclimatiques et les rendements des cultures n'a pas été étudié.

Généralement, le semis se fait sans préparation préalable du sol. C'est après qu'on pratique un "houage" pour ameublir la partie superficielle du sol. Dans certaines zones, la culture du mil se fait sur butte (Séno et Sikasso).

La lutte contre les adventices constitue le principal goulot d'étranglement. Le "flaké", ou deuxième sarclage, est courant. Tous ces travaux sont effectués à la daba pour la plupart des exploitations. Cependant, dans certaines zones, on assiste de plus en plus à l'utilisation de la culture attelée pour la préparation du sol, le semis et le sarclage. La récolte et le battage sont en général effectués manuellement. Si le mil est battu dans certaines zones avant d'être stocké, dans d'autres la conservation se fait en épis et le battage est effectué quotidiennement par les femmes pour la préparation des repas.

DIVERSITE DES MILS

On peut distinguer (Niangado et al 1984), quatre principales zones de culture du mil en fonction de caractéristiques morphologiques et phénologiques (Figure 1):

- Zone A: Elle correspond aux régions de Ségou, le Nord de celle de Koulikoro et de Kayes. C'est le pays du "Souna" dont le cycle est de 90 jours. Occupant surtout les "soforos", c'est une culture de soudure. En plus de cette variété, on y rencontre des variétés de cycle intermédiaire (Boboni à Ségou et Tiotioni à Kolokani) et des variétés tardives (Magankolo). Dans cette zone, on associe très fréquemment au mil du niébé, du sorgho et plusieurs autres plantes condimentaires (oseille de Guinée, arachide, pastèque, etc.). Dans les champs, on rencontre très fréquemment de nombreux pieds de balanzans, dont la densité la plus forte se rencontre dans le cercle de Ségou. En outre, la fréquence de pieds de karité augmente au fur et à mesure qu'on va vers le Sud.

- Zone B: Cette zone occupe la partie orientale du pays. C'est le pays des variétés Hainis pour les Sonrhais, des Gaouris pour les Peuls, des Enélis pour les Touareg et des Toronious pour les Dogons des falaises de Bandiagara. Cette zone couvre la région des lacs et le plateau Dogon. Les variétés de précocité moyenne font de 90 à 110 jours du semis à la maturité. On y rencontre également l'association mil/niébé. Mais très souvent, on associe au mil différentes espèces de cucurbitacées (moussamoussa, kanéi). Dans cette zone, on ne rencontre plus que des balanzans dans le paysage agraire.

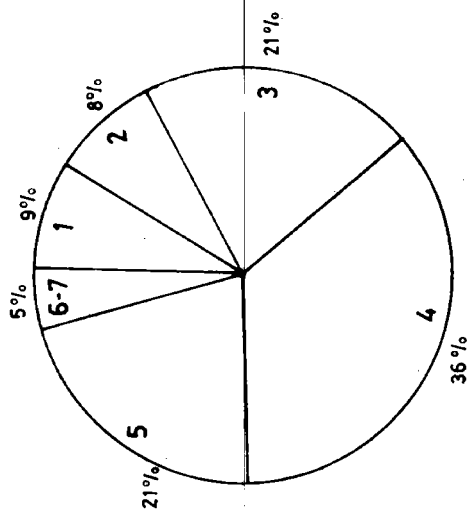
- Zone C: Elle englobe la plaine du Séno et le pays Bobo. Les variétés sont de cycle intermédiaire de 110 à 120 jours. Ce



Figure 1. Principales zones de culture du mil , *P. americanum* (L.) Leeke , au Mali .

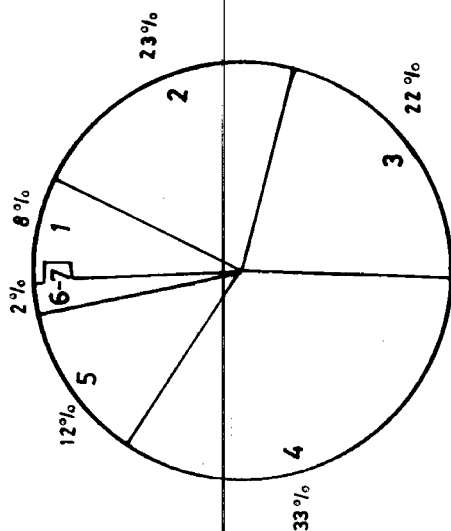
Surfaces cultivées

DNSI par région

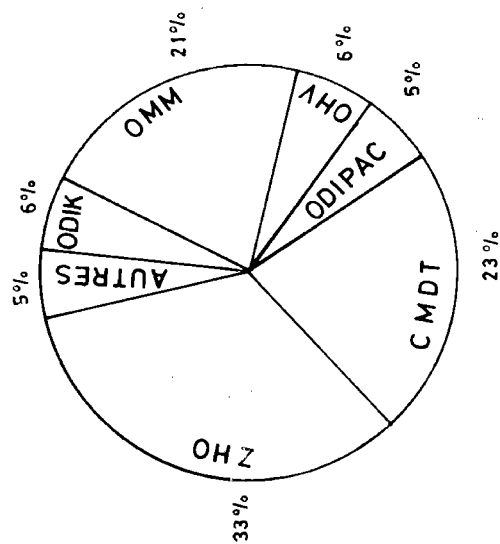


Production

DNSI par région



DNA par O.D.R



DNA par O.D.R

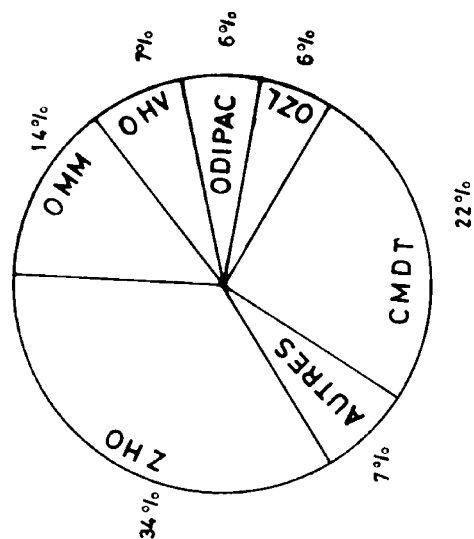


Figure 2. Répartition des surfaces cultivées et la production des mil-sorgho au Mali.

sont les Niou Kouniou et les Niou Bobo pour les Dogons et les Doufoua des Bobos. Dans cette région, on rencontre surtout l'association mil/niébé dans la plaine du Séno. En outre, ce sont également les balanzans qui constituent la végétation arborée dominante.

- Zone D: Cette zone s'étend sur la partie Sud du pays. On y rencontre surtout des variétés tardives et très tardives (de 150 à 180 jours). C'est dans les régions de Sikasso et Koutiala que la culture devient beaucoup plus importante. La culture associée maïs/mil est une des principales caractéristiques de cette zone. Le mil est soit semé directement 15 à 20 jours après le maïs, ou fait l'objet d'un repiquage qui s'échelonne jusqu'au début août.

Dans les cercles de Kéniéba et Bafoulabé, les populations manifestent peu d'intérêt pour les mils. Il est souvent cultivé en association avec le sorgho ou l'arachide. Il en est de même dans le cercle de Kangaba. Du point de vue variétal, on peut y distinguer de nombreux morphotypes (Guénié Flokou, Wouloukou, Djiko, Sanko).

L'AMELIORATION VARIETALE POUR LES SYSTEMES DE PRODUCTION A BASE DE MIL

Jusqu'à présent, les travaux d'amélioration variétale ont porté sur les systèmes de cultures pures. Ce matériel est ensuite intégré dans les associations en espérant que sa performance en culture pure se maintiendra en association. Mais, il ne semble pas établi que le comportement d'une plante en culture pure soit identique à son comportement en association. Il est donc nécessaire au préalable de définir une méthodologie d'évaluation du matériel en ségrégation pour le système des cultures associées.

A priori, il est très difficile de définir un idéotype pour toutes les associations. En effet, le comportement en association dépend non seulement des conditions de culture, mais aussi de l'architecture des deux espèces associées. Cependant, Francis et al (1979) ont pu définir un certain nombre de caractères intéressants pour l'association (insensibilité à la photopériode, précocité, indice de récolte). Ainsi, les variétés non photopériodiques s'adaptent plus facilement.

Dans le cas de l'association maïs/mil, ce sont les variétés locales de mil tardives et sensibles à la photopériode qui se sont révélées toujours plus performantes. L'élaboration de l'idéotype doit donc tenir compte du contexte environnemental. Actuellement, nous disposons d'une gamme variée de matériel local avec différent degré de photosensibilité. Ce matériel, en cours d'évaluation dans les associations, va nous permettre, pour chaque zone agroécologique, de mieux définir les idéotypes de mil.

ORIENTATIONS FUTURES

Jusqu'à une date récente, les cultures associées ont suscité très peu d'intérêt chez les chercheurs. Compte tenu des avantages de ce système et de la nécessité d'améliorer la productivité, il est nécessaire de mettre au point des variétés adaptées aux associations culturales.

En collaboration avec les agronomes, il est nécessaire de définir un idéotype, en fonction des zones agroécologiques. Cela va permettre aux sélectionneurs d'orienter leurs recherches en ce sens.

D'ores et déjà, il est prévu dans le domaine de la création variétale:

- De diversifier les types architecturaux (hauteurs des plants, grosseur des tiges) et phénologiques (sensibilité à la photopériode, cycle);
- D'évaluer systématiquement ces différentes structures dans des types d'associations pour mieux cerner leur adaptabilité aux différents systèmes;
- De régionaliser les travaux de création variétale pour mieux appuyer les types d'associations (maïs/mil, mil/niébé, mil/sorgho,).

BIBLIOGRAPHIE

Andrews D.J. et Kassam A.H. 1976. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies in multiple cropping. ASA, special publication: number 27.

Bouchet P. 1963. Les mils et les sorghos dans la République du Mali. L'Agronomie tropicale. pp. 8-107.

Dancette C. et Poulain J.F. 1968. Influence de l'Acacia albida sur les facteurs pédoclimatiques et les rendements des cultures. African Soils (3):197-239.

Francis C.A., Flor C.A. et Temple S.R. 1976. Adapting varieties for intercropping systems in tropics in multiple cropping. ASA, special publication: number 27.

Niangado O., Diourté M., Traoré K. et Scheuring J.F. 1984. Production et amélioration du mil au Mali. Contribution à l'Atelier sur l'amélioration variétale du mil en Afrique de l'Ouest. Centre sahélien de l'ICRISAT. Niamey, Niger, 31 août au 4 septembre 1984.

Reddy M.S. et Willey R.W. 1979. A Study of pearl millet/groundnut intercropping with particular emphasis on the efficiencies of leaf canopy and rooting pattern In Proceedings of the International Workshop on Intercropping. 10-13 Jan. 1979. ICRISAT, Patancheru P.O. 502 324, India.

LISTE DES ABREVIATIONS

CMDT	: Compagnie malienne de développement des textiles.
OMM	: Opération mil Mopti.
DNSI	: Direction nationale de la statistique et de l'informatique.
OSCE	: Office des statistiques des communautés européennes.
ODIK	: Opération développement intégré du Kaarta.
ODIB	: Opération développement intégré de Baguineda.
OHV	: Opération Haute Vallée.
ODIPAC	: Office de développement intégré de la production arachidière et céréalière.
ARS-Gao	: Action riz et sorgho de Gao
OZL	: Opération zone lacustre
OVSTM	: Opération vallée Sénégal Térékole Magui.
AB-Diré	: Action blé de Diré.
OPSS	: Opération production des semences sélectionnées.
ZHO	: Zones hors opérations.

LE MAÏS DANS L'ASSOCIATION DES CULTURES: ASPECT VARIETAL

C.O. Keita

Sélectionneur, Cellule amélioration des plantes
Programme maïs, SRCVO, Sotuba, B.P. 438, Bamako, Mali.

INTRODUCTION

Les associations de cultures sont des pratiques très courantes dans les zones où l'agriculture est tributaire de la pluviométrie. L'objectif essentiel de ces associations traditionnelles est d'obtenir un rendement maximum de la culture principale et un rendement complémentaire de l'espèce qui lui est associée (Programme coopératif ICRISAT/Mali 1982).

Les formes les plus répandues sont les associations céréales/légumineuses et céréales/céréales. Des travaux de recherche récents se sont intéressés à ces pratiques de production agricole. Mais, la recherche a d'abord concentré ses efforts sur les problèmes agronomiques. Très peu d'études ont porté sur les aspects variétaux des associations en général, et des associations avec le maïs en particulier.

Cette présentation ne vise pas à résoudre le problème de l'identification des variétés appropriées pour les associations, mais à poser quelques questions sur l'aspect variétal des associations culturales.

CONSIDERATIONS GENERALES

Pendant longtemps, toute association culturale avec le maïs a été considérée comme une "nuisance" pour la culture du maïs. Cette idée tenait à ce que le maïs est une plante très sensible aux "aléas" et que partout où sa culture est prépondérante, les producteurs s'exercent à réunir les meilleures conditions, en particulier en ce qui a trait à l'alimentation en eau. Dans la zone semi-aride, toute compétition pour l'eau avec le maïs constitue un facteur de réduction de sa production (surtout à des phases critiques de son cycle; juste avant, pendant, ou après l'apparition de la soie). Il importe donc d'identifier des variétés de maïs qui puissent donner un rendement économique sous conditions d'association. Des différences variétales au regard de ces phases pourraient être explorées pour le choix du matériel s'adaptant à l'association de cultures (les variétés tolérant mieux les stress à ces stades critiques). Mais, les rendements dépendront en grande partie de l'efficacité des méthodes à utiliser pour réduire les risques.

Sélection du maïs pour l'association

La question peut se poser: faut-il sélectionner à partir des

caractères physiologiques et/ou morphologiques spécifiques qui puissent permettre à la plante de tolérer l'effet d'une compétition? (maintien d'un certain potentiel en dépit de la concurrence). Ceci suppose une meilleure connaissance de ces caractères dans le matériel disponible et requiert des études plus fondamentales. De plus doit-on s'attendre à des corrélations élevées entre chacun des caractères physiologiques ou morphologiques et le rendement?

Utiliser le rendement, qui est l'expression de tous les caractères relatifs à la productivité, sous condition de culture pure et condition d'association comme seul critère de sélection peut-il suffire? Les meilleures variétés en culture pure peuvent-elles maintenir leur potentiel en association? Dans ces conditions, la stabilité de rendement dans différents environnements doit constituer un indice.

Variétés de maïs déjà utilisées dans l'association des cultures au Mali

Au Mali, les associations avec le maïs étaient considérées comme une pratique préjudiciable au maïs. La culture pure du maïs fut la plus conseillée depuis des années dans le sud du Mali. Néanmoins, les paysans continuent à semer le mil entre les poquets de maïs. La variété la plus cultivée dans ces zones est une variété de cycle intermédiaire venant à maturité avant l'arrêt complet des pluies et des écotypes similaires. Une seule étude a porté sur cette variété: le Tiémantié comparé à des témoins locaux, en association avec le mil (Programme coopératif ICRISAT/Mali 1986). Les résultats de cet essai donnent un léger avantage au Tiémantié. Mais, les écotypes qui ont été choisis comme témoin sont mal connus.

Une étude en cours compare le Tiémantié au Zanguerini (précoce) dans une association avec le mil, afin de dégager la variété qui pourrait améliorer la productivité du système. Les variétés précoces ont l'avantage de réduire le temps de compétition pour la seconde espèce, mais elles ont aussi l'inconvénient d'être peu productives et sensibles.

Les variétés tardives ou intermédiaires peuvent être productives, mais elles ont un temps de compétition plus long avec la seconde espèce.

CONCLUSION

L'association de cultures, bien qu'étant une pratique très courante, reste encore mal connue, du moins dans son aspect variétal, et des efforts méritent d'y être portés. Il s'agira, à court terme, d'une recherche adaptative en procédant à un criblage du matériel disponible et des introductions vis-à-vis de l'association avec différentes espèces. A plus long terme, des recherches de méthodes pour une amélioration du comportement des

variétés identifiées pour l'association doivent être envisagées.

BIBLIOGRAPHIE

Programme coopératif ICRISAT/Mali 1982. Bilan de cinq années de recherche sur les cultures associées.

Programme Coopératif ICRISAT/Mali 1986. Recherche sur les systèmes de cultures à base de sorgho et de mil.

GENOTYPES D'ARACHIDE DANS LES CULTURES INTERCALAIRES

D. Soumano

Sélectionneur, Programme Oléagineux,
SRCVO, Sotuba, B.P. 438, Bamako, Mali.

INTRODUCTION

L'arachide est l'une des principales spéculations agricoles du Mali. Elle est fréquemment cultivée en association par les paysans. L'importance relative des associations culturales incluant l'arachide est très variable, bien que des statistiques précises ne soient pas disponibles. En Afrique, elle varie d'une zone à l'autre: 70-95% dans le Nord du Nigéria (Kassam, 1976); 56% en Ouganda (Okigbo et Greenland, 1976). Hardwood et Price (1976) mentionnent que l'arachide est très souvent cultivée sous les arbres dans les plantations de cocotiers et palmiers à huile en Asie du Sud-Est et en Inde.

Au Mali, l'intérêt de la recherche est concentré sur les cultures intercalaires d'arachide et de céréales (mil, sorgho, maïs), notamment parce que celles-ci sont les plus courantes et intéressent les paysans.

CULTURES INTERCALAIRES ARACHIDE/CEREALES

La culture de mil/arachide est une combinaison importante dans les zones semi-arides tropicales d'Afrique Occidentale. Des études menées depuis 1978, au Centre ICRISAT à Hyderabad (Inde), ont montré que le rendement par plant de l'arachide dans l'association était le même qu'en culture pure, alors que le rendement du mil doublait dans l'association (Reddy et al. 1980a, 1980b).

Les cultures intercalaires d'arachide et de maïs sont aussi pratiquées en Asie du Sud-Est et en Afrique. L'arachide est semée densément comme culture pure avec des interlignes de maïs, la densité de ce dernier étant beaucoup plus faible (Matsaers, 1978). Plusieurs études menées en Tanzanie et au Ghana montrent un accroissement de rendement de 6 à 54% (Evans, 1960; Azab, 1968). Cependant, une constatation générale est que le rendement de l'arachide diminue de façon systématique à cause de la compétition avec le maïs.

L'association sorgho/arachide est très répandue en Afrique de l'Ouest et en Inde. Le rendement de l'arachide diminue en général dans ce type d'association et ce, jusqu'à 50-52% (John et al. 1943; Bodale 1964). On note cependant une amélioration du rendement total si l'on considère l'ensemble des deux cultures.

GENOTYPES ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

On peut améliorer le rendement de l'arachide en association comme en culture pure par le choix judicieux de génotypes améliorés. Ceci est possible en raison d'une interaction éventuelle avec la céréale. Le rendement d'un génotype dans l'association peut être différent de son rendement en culture pure. On comprend alors la nécessité d'identifier et de sélectionner les génotypes des espèces à cultiver ensemble dans la situation réelle de l'association. Les caractères principaux des génotypes d'arachide à considérer pour l'association sont le port végétatif (érigé, rampant) qui détermine la couverture du sol, et la durée du cycle. Il faut également considérer la réaction à la sécheresse, la réponse aux engrais et toutes caractéristiques déterminant l'adaptation de la variété aux conditions écologiques particulières. La part de l'arachide dans le LER (land equivalent ratio) a tendance à augmenter lorsque le cycle est plus long et le port du type rampant (Reddy 1980), parce que l'arachide a plus de temps pour compenser la compétition après la récolte de la céréale. Toutefois, des études réalisées par l'ICRISAT, en Inde, ont montré une tendance à un rendement plus grand avec les arachides semi-rampantes, sans cependant entraîner une augmentation de rendement du système (Reddy et al. 1980). Ces études ont abouti à la conclusion que le génotype de l'arachide est déterminant pour le niveau du rendement du système, tandis que le génotype du mil contribuerait surtout au rapport rendement du mil : rendement de l'arachide.

On doit tester différents génotypes des deux cultures pour sélectionner les meilleurs, en prenant les génotypes de l'une des espèces (cultures) avec un génotype témoin de l'autre espèce.

L'association arachide/céréale présente des avantages certains pour le rendement par rapport à la culture pure, en permettant une meilleure utilisation des ressources disponibles (sol, eau, lumière). On pourrait aussi envisager l'exploitation de variétés d'arachide à cycle court avant ou après une céréale dans les zones où la durée de la saison des pluies le permettrait. Différentes variétés d'arachide ont été sélectionnées avec des caractéristiques botaniques et agronomiques variées (Tableau 1). Elles sont vulgarisées ou en cours de l'être. Il pourrait être intéressant de tester ces variétés et d'autres génotypes d'arachide en cours de sélection comme Spanco, Spancross, JL-24 (Spanish) et Robut 33-1 (Virginia) dans des associations avec les céréales. On pourrait comparer les génotypes dans ces études en considérant le cycle (précoce, demi-tardif, tardif) et le type botanique (Virginia érigé, Virginia rampant, Spanish), tout en tenant compte de l'adaptation de ces génotypes aux écologies variées.

BIBLIOGRAPHIE

Azab, Y.E.A. 1968. Pages 5-8 In *Applied agronomic research on field food crops in northern Ghana* (FAO. No. TA 2596).

Tableau 1. Variétés d'arachide vulgarisées au Mali et leur caractéristiques principales.

Caractéristiques	Variétés				
	47-10	55-437	28-206	59-127	Ga 119-20
Type botanique Port végétatif	Spanish Erigé	Spanish Erigé	Virginia Erigé	Virginia Erigé	Virginia Erigé
Durée du cycle (j)	90	90	120	120	110-115
Rend. gousse (kg/ha)	1500	1000	2000	1800	2000
Rend. décorticage (%)	72	75	73	72	70
Poids 100 gousses (g)	100-120	85-95	120-125	110-115	230-240
Poids 100 graines (g)	47-55	35-38	45-49	40-45	85-90
Teneur en huile (%)	50	49	50	50	-
Dormance des graines	Nulle	Très faible	Totale	Totale	Moyenne
Destination	Huilerie Confiserie	Huilerie, Confiserie	Huilerie	Huilerie	Bouche
Particularités	Bonnes qualités technologiques pour la confiserie	Adaptée aux courtes saisons de pluies	Régularité technologique	Résiste à la sécheresse	Nécessite plus de soins
Pluviométrie (mm)	550-750	350-500	700-1000	600-800	1000-1200
Zones de culture	Séfeto, Mourdiah Banamba Ségou, Tominian	Monimpé	Kayes Kéniéba Kita	Sirakorola	Bafoulabé

- Bodale, V.N., 1964. Mixed cropping of groundnuts and jowar. Indian oilseeds journal 8 (4): 297-301.
- Evans, A.C., 1960. Studies of intercropping. I. Maize or sorghum with groundnuts. East African agricultural and forestry journal 26: 1-10.
- Hardwood, R.R., and E.C. Price, 1976. Multiple cropping in tropical Asia. Pages 11-40 In Multiple cropping. Society of Agronomy, special publication No. 27, Madison, Wisconsin, USA.
- John, C.M., C.R. Seshadri, and M.B.S. Rao, 1943. Mixed cropping of groundnuts. Madras agricultural journal 31: 191-200.
- Kassam, A.H., 1976. Pages 41-48 In Crops of the West African semi-arid tropics. ICRISAT, Hyderabad, India.
- Matsaers, J.A., 1978. Mixed cropping experiments with maize and groundnuts. Netherlands journal of agricultural science 26: 344-353.
- Okigbo, B.N., and D.J. Greenland, 1976. Intercropping systems in tropical Africa. Pages 66-101 In Multiple cropping. American society of agronomy, special publication No. 27, Madison, Wisconsin, USA.
- Reddy, M.S., C.N. Floyd, and R.W. Willey, 1980. Groundnut in intercropping systems. In proceedings of the international workshop on groundnuts. ICRISAT. Pages 133-146.
- Reddy, M.S., and R.W. Willey, 1980a. Growth and resource use studies in intercrop pearl millet/groundnut. Field crops research (in press).
- Reddy, M.S., and R.W. Willey, 1980b. The relative importance of above and below ground resource use in determining yield advantages in pearl millet/groundnut intercropping. Paper presented at the second symposium on intercropping in semi-arid areas. Held at University of Dar-es-Salam, Morogoro, Tanzania, Aug. 4-7.

AMELIORATION VARIETALE DU NIEBE DANS UN SYSTEME DE CULTURES ASSOCIEES

Kodio O.

Sélectionneur, Projet légumineuses alimentaires,
Section de recherche sur les cultures vivrières et oléagineuses
(S.R.C.V.O.), Sotuba, B.P. 438, Bamako, Mali.

GENERALITES

Le niébé (Vigna unguiculata (L.) Walp.) est la légumineuse à graines la plus importante et la plus répandue au Mali, après l'arachide. Son apport nutritionnel dans la ration alimentaire est assez appréciable, notamment en milieu rural. Il contient 21 à 24% de protéines. Ce taux élevé lui permet de jouer un rôle très important dans l'équilibre nutritionnel des populations, particulièrement au niveau de la lutte contre la déficience protéique de l'alimentation des enfants.

Les travaux sur le niébé ont commencé en 1979 avec le concours financier du Centre de recherche pour le développement international (CRDI). Au Mali, la production du niébé ne représente qu'une faible proportion de la production vivrière. Son aire de culture se situe principalement au Centre et au Nord du pays; mais on le rencontre dans tout le Mali agricole.

Le niébé est une plante des régions chaudes, où la température est comprise entre un minimum de 20° C et un maximum de 35° C. Il est cultivé en saison pluvieuse de juillet à octobre. Au point de vue sol, le niébé est peu exigeant. Il préfère des sols sablo-limoneux à argilo-limoneux de pH 6,7 et bien drainés. Au Mali, plus de 75% de la production du niébé est obtenue en association avec les céréales (mils, sorgho, maïs).

Très ancienne, la culture associée, longtemps considérée comme archaïque par les chercheurs connaît un regain par suite de l'importance que continuent à lui accorder les paysans.

Les thèmes de recherche sur les cultures associées sont nombreux. Ils varient de l'amélioration à la protection des plantes, en passant par l'agronomie, la fertilisation et les interactions entre les espèces en présence.

Dans cette communication, nous allons tenter de répondre à certaines questions propres à l'association du niébé avec les céréales:

- Comment peut-on identifier une variété de niébé qui s'adapterait dans un système d'association?

- Comment peut-on obtenir une telle variété en sélection?

OBJECTIF

Les travaux de recherche sur le niébé ont porté jusqu'ici sur la sélection de variétés à rendement élevé et stable, résistantes à la sécheresse, au Striga, aux insectes et aux maladies, et cela dans le cadre de la culture pure. Or, presque toute la production du niébé est obtenue dans un système de culture associée avec les céréales (mils, sorgho et maïs) suivant les zones agro-écologiques du Mali.

Mais, les travaux de sélection devront dès maintenant tenir compte de cet aspect. Les variétés utilisées en association par les paysans sont en général des variétés locales de niébé très compétitives avec les céréales, réduisant ainsi significativement les rendements en grain. D'autre part, les faibles densités de niébé, leur date de semis et les agencements de semis ne permettent pas aux paysans d'escompter un rendement acceptable du niébé.

Les travaux de recherche sur le niébé doivent tenir compte non seulement de la sélection des variétés en culture pure du niébé, mais aussi des variétés pouvant s'adapter correctement dans un système de cultures associées. A cet effet, certains facteurs de gestion, à savoir la variété (matériel végétal), la date et la densité de semis, et les arrangements spatiaux sont autant d'éléments qui influencent le système et qui doivent être étudiés.

ZONES DE CULTURE

Au Mali, on distingue trois grandes zones agro-écologiques (Tableau 1) dont la répartition pluviométrique est assez disparate:

- Zone de 200 à 500 mm, c'est la zone Nord où la prédominance est accordée à la culture du mil (Pennisetum americanum (L.) Leeke). Traditionnellement, le niébé est cultivé en association avec la culture dite principale (mil), plutôt qu'en culture pure. Les variétés couramment rencontrées sont des variétés locales photopériodiques du type rampant et souvent tardives. En général, elles n'arrivent pas à boucler leur cycle à cause de la courte durée de la saison de pluie.

- Zone de 600 à 700 mm qui correspond à la partie centrale du pays. Les principales cultures céréalières rencontrées sont le mil, le sorgho et le maïs, le niébé leur est généralement associé.

- Dans la zone sud du pays (800 à 1200 mm), la culture dominante est le sorgho et le maïs. Le niébé est cultivé en association avec le sorgho, ou parfois comme culture de relais avec le maïs.

IDENTIFICATION DE GENOTYPES DE NIEBE DANS UN SYSTEME DE CULTURES ASSOCIEES

Les associations de cultures à base de céréales/niébé sont très courantes au Mali. A cet effet, le programme de sélection de niébé doit tenir compte de l'aspect adaptabilité de cette espèce dans le système d'association.

Plusieurs facteurs sont impliqués dans le choix judicieux des génotypes de niébé en association: la zone écologique, l'architecture du matériel végétal en question (port, vigueur), le cycle, la date de semis, la densité et les arrangements spatiaux des espèces en présence.

Au Mali, on distingue deux groupes de variétés de niébé:

- Les variétés non sensibles à la photopériode qui fleurissent quelle que soit la date de semis avec une très légère variation du cycle semi-floraison. Ces variétés sont, en général, assez précoces et de type érigé ou semi-rampant. Elles présentent une maturité groupée et leur cycle varie entre 60 à 75 jours. Ces variétés sont bien adaptées dans la zone Nord et Centre du pays, soit en culture pure ou en association.

- Les variétés de jours courts qui fleurissent quand elles ont subi des longueurs de jours inférieures à 12 heures, quelle que soit la date de semis. C'est le groupe des variétés tardives et photopériodiques qui ont un cycle long de 90 à 120 jours. Ces variétés sont d'un port rampant. Traditionnellement, c'est le type de niébé utilisé par les paysans en association. On les recommande en zone Centre ou Sud du pays, où l'étalement de la saison pluvieuse permet d'assurer la maturité complète de ces variétés. Les principales exigences du système résideraient dans le port du plant et le cycle.

Dans le cadre de l'identification des génotypes adaptés dans les systèmes de cultures associées avec les céréales, des travaux ont été effectués par le programme ICRISAT/Mali. L'identification des variétés mieux adaptées en présence d'une autre espèce (mil ou sorgho) a fait l'objet de nombreux essais. Les variétés ont été choisies en fonction de leur port (Tableau 2).

On observe une nette supériorité du niébé local, tant en fanes qu'en grains. De plus, le rendement du mil devient plus important lorsque celui du niébé est faible. Ainsi, le mil produirait plus s'il était associé au niébé à port érigé (généralement moins productif en fanes et moins compétitif qu'une variété à port rampant). Deux autres variétés, KN-1 et 59-25, ont été testées en association avec le sorgho (Tableaux 3 et 4).

On remarque que ces deux variétés, KN-1 (semi-érigé) et 59-25 semi-érigé (précoce), n'augmentent pas la productivité du système. Cependant, la KN-1 exprime un potentiel fane meilleur que celui du niébé local (Serafini et al).

Tableau 1. Caractéristiques des variétés suivant les zones agro-écologiques.

Réaction à la photopériode	Type de plant	Cycle	Floraison	Zone de production (mm)
Non photopériodique (insensible)	Érigé Semi-érigé	Précoce et intermédiaire	Goupée (synchrone)	200 à 500 mm
Non photopériodique (insensible)	Érigé Semi-érigé	Intermédiaire	Synchrone échelonnée	600 à 700 mm
Photopériodique (sensible)	Semi-érigé Rampant	Intermédiaire	Echelonnée	800 à 1200 mm

Tableau 2. Résultats obtenus en associant au mil des variétés de niébé de ports différents.

Variété de niébé	Rendements (t/ha)				Surface équivalente			
	Grain mil	Grain niébé	Fane niébé	Valeur monétaire	Grain mil	Grain niébé	Fane niébé	Totale
Locale ¹	0,734	0,109	0,267	45,664	82	37	34	153
TVX 1193-9F ²	0,891	0,038	0,155	43,073	99	14	12	125
TVX 1841-1C ³	0,966	0,008	0,051	40,603	110	25	18	153
PPDS (5%)	0,136	0,086	-	-	-	-	-	-
PPDS (1%)	0,182	0,116	-	-	-	-	-	-

1. Variété locale rampante.

2. Variété semi-érigée.

3. Variété érigée.

Tableau 3. Résultats de l'essai sur l'association sorgho/niébé, Sotuba, Cinzana, Baramandougou, Barbé, 1980

Variétés de niébé	Rendement (t/ha)		Valeur monétaire 1000 FM	Surface équivalente (%)		
	Fanes Niébé	Grains Sorgho		Fanes Niébé	Grains Sorgho	Totale
Locales	1,36	0,82	98	77	71	148
KN-1	1,71	0,72	107	87	61	148
PPDS (5%)	0,23	-	16	-	-	-
PPDS (1%)	0,31	-	-	-	-	-

Tableau 4. Résultat de l'essai sur l'association sorgho/niébé, Cinzana et Baramandougou, 1980

Variétés de niébé	Rendement (t/ha)		Valeur monétaire 1000 FM	Surface équivalente (%)		
	Fanes Niébé	Grains Sorgho		Fanes Niébé	Grains Sorgho	Totale
Locales	2,35	1,07	151	44	91	135
KN-1	1,42	1,15	118	45	104	149
PPDS (5%)	0,24	-	18	-	-	-
PPDS (1%)	0,31	-	-	-	-	-

DATES ET DENSITE DE SEMIS DANS LES ASSOCIATIONS

Des études, menées en 1980 sur la date de semis des espèces en combinaison, montrent que:

- Lorsque le niébé est semé en même temps que le mil, le rendement de ce dernier s'en trouve réduit. Par contre, l'absence de compétition interspécifique en début de cycle aurait permis au mil de mieux s'exprimer avec le semis décalé du niébé.

- A la densité faible du paysan (environ 6250 plants/ha), les rendements grains du mil ne varient pas selon que le niébé soit semé quatre semaines plus tard ou que les espèces soient semées ensemble. Mais, lorsque la densité de niébé est très élevée (50 000 plants/ha); on se rend compte que les rendements en grains de mil sont meilleurs si le semis du niébé est décalé. La date de semis du niébé a un impact considérable sur les rendements du système. Les performances du semis décalé du niébé ne seront pas acceptables s'il a lieu très tard dans la saison et sous un mil déjà bien installé.

- Concernant les arrangements de semis, il est à retenir que l'augmentation de la rentabilité du système passerait par le semis du niébé entre les lignes de mil. Le semis en interlignes serait le mieux indiqué en vue d'une mécanisation ou de traitements phytosanitaires.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Les recherches sur l'amélioration du niébé ont été conduites très activement ces dernières années. Elles ont permis d'identifier et de créer plusieurs lignées. Plus de 75% de la production du niébé étant obtenue en culture associée avec les céréales (mil, maïs et sorgho), ces variétés ainsi identifiées performantes suivant les différentes zones agro-écologiques doivent être testées dans un système de cultures associées, afin d'en retenir les meilleures.

BIBLIOGRAPHIE

Liaison Sahel. Les cultures associées dans les zones sahélienne et sahélo-soudanienne de l'Afrique de l'Ouest, juin 1985.

Serafini P.G. et al 1982. Bilan de cinq années de recherche sur les cultures associées.

Rapport Commission technique, Projet légumineuses alimentaires. 1980-1981-1982.

ICRISAT/Mali 1986. Recherche sur les systèmes de culture à base de sorgho et de mil.

Singh S.R. et Rachie K.O. Cowpea research, production and utilisation.

PERSPECTIVES DE RECHERCHES EN PHYSIOLOGIE SUR LES CULTURES ASSOCIEES AU MALI

Moussa Traoré

Coordinateur Projet IER-INTSORMIL
B.P. 258, Bamako, Mali.

INTRODUCTION

Les meilleures justifications de la pratique de la culture associée sont encore celles données par les paysans africains qui utilisent cette technique depuis bien longtemps, à savoir:

- Réduction des risques liés aux aléas (climat et prédateurs);
- Augmentation et stabilisation de la production;
- Rentabilité plus grande par unité de surface et de travail;
- Diversification des produits.

Jusqu'à présent, relativement peu d'attention a été accordée aux recherches sur les cultures associées, quoique celles-ci soient une pratique courante en milieu rural. Au Mali, des efforts sont en cours, en vue de maximiser le potentiel offert par les associations culturales. Cela, par des expérimentations, notamment en agronomie et en sélection variétale. Dans le cadre du développement de ces recherches, la contribution attendue du programme de physiologie consisterait en une caractérisation des interactions entre les espèces et variétés cultivées en association, en vue d'une exploitation plus rationnelle des complémentarités, ainsi qu'une réduction de la compétition entre les membres d'une association donnée.

En effet, les plantes cultivées à proximité les unes des autres se partagent pour leur développement les ressources en lumière, en eau et en éléments nutritifs, que ce soit en culture pure (même espèce, même variété) ou en cultures associées (différentes espèces et/ou variétés). L'environnement sahélien en général, et malien en particulier, est sujet aux aléas climatiques et édaphiques.

La contribution du volet de recherche sur la physiologie des cultures associées consisterait donc essentiellement à:

- Définir les facteurs les plus limitants pour lesquels les membres de l'association se concurrencent;
- Définir les sources, les formes, la provenance et les périodes d'approvisionnement des différentes espèces et variétés pour ces facteurs;

- Caractériser les mécanismes physiologiques et les traits morphologiques qui déterminent les termes de la compétition et de la cohabitation entre plants voisins de la culture pure ou associée.

Une meilleure compréhension des phénomènes qui font que la culture associée tire un plus grand profit des ressources naturelles, surtout quand celles-ci sont limitées, constituerait une base précieuse pour les recherches visant à mettre au point des paquets technologiques maximisant la productivité des cultures associées.

MECANISMES ET TRAITS PERMETTANT UNE UTILISATION RATIONNELLE DES RESSOURCES

Dans le contexte sahélien, la lumière, à priori, n'est pas un facteur limitant. Cependant, en vue d'obtenir le maximum de l'unité de surface et de travail, il faut planter à une plus forte densité, ce qui augmente la proportion de feuillage ombragée. Le besoin de lumière qui en résulte est différemment perçu selon les espèces en présence. En effet, les plantes tolérant l'ombrage ont développé des mécanismes qui leur permettent de produire le maximum de photosynthèse avec le peu de rayonnement qui leur arrive. Ainsi, on observe une variabilité pour la résistance à une faible luminosité (Levitt 1980). Différents mécanismes permettent une certaine adaptabilité à l'ombrage, et les espèces tolérantes présentent une combinaison de certains de ces traits. Certains de ces mécanismes sont énumérés ci-dessous:

- Une augmentation de l'absorption de la lumière et de la part utilisée pour la photosynthèse par unité de surface foliaire, grâce à un contenu plus grand de chlorophylle et de chloroplastes dans les cellules photosynthétiques, et moins de pigments non-photosynthétiques tel l'anthocyane.

- La diminution de l'albédo augmente également l'absorption de la lumière en réduisant la réflexion, donc par la réduction ou l'absence de trichômes et de cire et l'amincissement de la cuticule.

D'un autre côté, les plantes adaptées à une forte luminosité perdent partie de l'activité de leurs enzymes et de leurs chloroplastes (Levitt 1980) une fois soumises à des conditions d'ombrage.

La combinaison de deux cultures devrait, par conséquent, permettre une utilisation plus efficace de la lumière, particulièrement si une espèce adaptée à l'ombrage pouvait se développer normalement avec le reliquat de lumière transmis par le feuillage de la culture qui lui est associée. Une estimation du degré de saturation en lumière de la culture ombragée permettrait de fixer les limites de densité de l'autre culture, ainsi que sa configuration, en vue d'obtenir une productivité

optimale des deux cultures. Le point de compensation est l'intensité lumineuse à laquelle le produit de la photosynthèse est totalement consommé par la respiration; la photosynthèse apparente est donc égale à zéro. Le point de saturation en lumière est atteint quand une augmentation de l'intensité lumineuse au-delà de ce point n'entraîne plus une accélération du rythme photosynthétique.

Au Mali, des recherches ont été menées dans le but de déterminer les densités et configurations de semis en vue de maximiser les rendements des cultures ou combinaisons de cultures. Certaines cultures s'associent bien pour exploiter au mieux les ressources en lumière grâce à leurs différences d'architecture, de besoins en lumière et de périodes de ces besoins. Les céréales (mil, maïs, sorgho), par exemple, se combinent bien avec les légumineuses (niébé, arachide, soja) (Fussell 1984). Les premiers sont de haute stature, exigeants en lumière (points de compensation et de saturation en lumière très élevés), à feuilles plus ou moins dressées. Les seconds sont rampants ou trapus, peu exigeants en lumière (points de compensation et de saturation bas), feuilles en mosaïque. Ces traits rendent les deux groupes complémentaires sur ce plan, malgré qu'il y aurait éventuellement compétition pour d'autres facteurs de développement.

En effet, dans les conditions du Sahel, l'eau et les éléments nutritifs sont des facteurs limitants. Alors, encore plus qu'avec la lumière, il serait très utile de tirer profit d'une certaine complémentarité entre cultures associées, pour faire une utilisation rationnelle des ressources limitées. La compétition entre les plants de la même espèce est plus ardue qu'entre plants d'espèces associées, parce que les différentes espèces utilisent des produits de différentes sources et/ou formes, à différentes profondeurs ou périodes. La combinaison d'espèces et/ou variétés de cycles différents et semées à différentes dates permet à l'une des cultures de l'association d'utiliser pleinement la ressource limitée, pendant que le partenaire n'est pas encore semé, ou bien développé ou encore est déjà récolté. Ainsi, même des combinaisons céréale/céréale peuvent tirer bénéfice de l'association en atténuant la compétition entre plants par leurs différences d'architecture, de cycles, de périodes de grands besoins (phase reproductive).

De tels systèmes ont été montrés comme exploitant beaucoup plus efficacement les ressources que les cultures pures (Baker 1980, Wiley 1979, IER 1985 et Andrews 1974).

Les associations légumineuse/céréale tirent un avantage certain du fait que les membres associés utilisent deux formes différentes de l'azote qui est un élément déficitaire dans la quasi totalité des sols sahéliens. En effet, pendant que les céréales n'ont accès à l'azote que sous sa forme NO_3 , présente dans le sol en quantité limitée, et dans les engrais, les légumineuses peuvent également utiliser la forme N (fixation de l'azote dans les nodosités).

Cette complémentarité, non seulement augmente la quantité d'azote disponible aux plantes à l'unité de surface, mais en plus, rend la compétition entre céréales et légumineuses moins ardue, qu'entre céréale et céréale. En outre, différentes espèces et variétés explorent différentes couches du sol pour soutirer leur alimentation en eau et en éléments nutritifs. Selon l'espèce et la variété, selon l'élément concerné, selon la phase de développement (végétative ou reproductive), l'importance des besoins et partant, de la compétition est variable. La conjugaison de ces divers termes permet à la culture associée de produire plus que la culture pure.

Dans le Sahel, l'eau est un des facteurs les plus limitants de la production agricole. Aussi, la rationalisation de son utilisation est un objectif prioritaire. Un moyen d'augmenter l'efficacité d'exploitation des ressources du sol par les plantes cultivées en association consiste en l'extraction de plus d'eau et d'éléments nutritifs par unité de surface en explorant plus de volume de sol que les cultures pures. Les effets des périodes éventuelles de sécheresse sont atténués du fait que la quantité d'eau rendue disponible aux plantes est augmentée, et son extraction plus étalée dans le temps et dans l'espace. L'humidité résiduelle du sol est également exploitée tard dans la saison.

PERSPECTIVES DE RECHERCHES EN PHYSIOLOGIE

Des techniques modernes sont maintenant disponibles pour effectuer des mesures correctes et rapides de l'eau du sol à différentes profondeurs (sonde à neutrons, tensiomètre). Cependant, la détermination in situ des éléments minéraux demeure une pratique difficile (Snaydon et Harris 1980). De telles mesures seraient d'importance dans le cadre d'une approche multidisciplinaire à l'amélioration des cultures associées au Mali, puisque ce sont là les facteurs les plus limitants de la productivité. Le degré d'absorption de la radiation et de saturation en lumière des différentes composantes de la culture, ainsi que les densités optimales des différentes combinaisons seraient par ailleurs évalués. Il s'agirait de mieux cerner les raisons qui font que les cultures associées performant mieux que les cultures pures, afin d'utiliser ces informations pour mettre au point des procédés plus performants de cultures associées et de cultures en relais pour les différents objectifs de production, écologies et espèces.

Des observations phénologiques et des mesures physiologiques (développement de la surface foliaire, taux d'absorption, de transmission et de réflexion de la radiation par le feuillage, extraction du profil hydrique, statut de la nutrition minérale -- NPK -- et leurs interactions avec les combinaisons et performances des cultures) constitueraient une base appréciable pour la mise au point de paquets technologiques pour l'association des cultures.

BIBLIOGRAPHIE

- Andrews, D.J. 1974. Responses of sorghum varieties to intercropping. *Experimental Agriculture* 10: 57-63.
- Baker, E.F.I. 1979. Mixed cropping in northern Nigeria. III. Mixtures of cereals. *Experimental Agriculture* 15: 41-48.
- Fussell, L.K. 1984. Evaluation of millet/cowpea intercropping systems in western Niger. In Regional Workshop on Intercropping in the Sahelian and Sahelo-Sudanian Zones of West Africa. Niamey, November 1984. 13p.
- ICRISAT 1980. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. In Proceedings of the International Workshop on Intercropping. Hyderabad, India, 10-13 January 1979. 401p.
- IER 1985. Institut d'économie rurale. Ministère de l'Agriculture du Mali. Séminaire-atelier sur la culture associée maïs-mil. Synthèse des travaux. Sikasso, 15-17 janvier 1985. 21p.
- Levitt, J. 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. 2nd ed. Vol. II. Water, Radiation, Salt and other Stresses. Academic Press. 607p.
- Rosenberg, N.J. 1974. Microclimate, the Biological Environment. J. Wiley & Sons. 315p.
- Snaydon, R.W. et Harris, P.M. 1980. Interactions belowground. The Use of Nutrients and Water. In International Workshop on Intercropping. Hyderabad, India. 10-13 January 1979. p 188-201.
- Wiley, R.W. 1979. Intercropping. Its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. *Field Crop Abstracts* 32: 1-10.

DEFENSE DES CULTURES

INFLUENCE DE L'ASSOCIATION DES CULTURES SUR LES INSECTES RAVAGEURS ET LEURS DEGATS (CAS CEREALES/LEGUMINEUSES ET CEREALE/CEREALE)

Y.O. Doumbia

Entomologiste, SRCVO, B.P. 438, Bamako, Mali.

INTRODUCTION

Au Mali, la recherche sur l'association des cultures est très récente, même si la pratique est très ancienne en milieu paysan. Les premiers travaux réalisés par l'ICRISAT (Serafini 1982; ICRISAT 1986) traitent surtout des problèmes agronomiques et variétaux, en vue d'une meilleure production. En défense des cultures, et en particulier en entomologie, les recherches dans le domaine de l'association des cultures sont à leur début. Dans cette communication, il sera surtout question de l'importance des insectes ravageurs dans les différents types d'associations, et des grandes lignes du programme futur.

LES PRINCIPAUX RAVAGEURS ET LEUR IMPORTANCE DANS LES DIFFERENTS TYPES D'ASSOCIATIONS

Les populations des ravageurs et leurs dégâts sont surtout influencés par le micro-environnement. Elles peuvent donc changer en fonction du type de culture. Leur importance peut varier selon que l'on se trouve en monoculture ou en association de cultures. La liste des principaux insectes ravageurs des différentes cultures est donnée au Tableau 1.

Association sorgho/légumineuse

La plupart des travaux dans ce domaine ont été réalisés en Inde (Bhatnagar et Davies 1978, 1979, 1980; Hardas 1980).

Les travaux de Bhatnagar et Davies montrent que l'incidence des attaques d'Atherigona soccata sur le sorgho en association avec le pois d'Angole augmente avec la diminution de la densité du pois d'Angole de 29 000 à 17 000 plants/ha. Selon Hardas (1980), les pertes dues à Atherigona soccata et Contarinia sorghicola sont réduites lorsque le sorgho est cultivé en association avec une légumineuse telle que le pois d'Angole. Une réduction de l'infestation du sorgho par le foreur de tiges Chilo partellus a été signalée dans le cas de l'association sorgho/légumineuse (Mahadevan et Chelliah 1986).

Association maïs/mil

L'entomofaune de l'association maïs/mil n'a pas encore fait l'objet d'une étude particulière. Actuellement, nous ne disposons d'aucune donnée sur l'incidence des insectes ravageurs au niveau

Tableau 1. Principaux insectes ravageurs des différentes cultures vivrières au Mali

Espèces	Ordre	Plantes hôtes			
		Mil	Maïs	Niébé	Sorgho
<u>Atherigona soccata</u>	Diptera	*			*
<u>Contarinia sorghicola</u>	Diptera				*
<u>Laphygma exempta</u>	Lepidoptera	*	*	*	*
<u>Laphygma exiqua</u>	Lepidoptera	*	*	*	*
<u>Spodoptera littoralis</u>	Lepidoptera			*	
<u>Megalurothrips sjostedti</u>	Thysanoptera			*	
<u>Aphis craccivora</u>	Homoptera	*	*	*	*
<u>Rhopalosiphum maidis</u>	Homoptera	*	*		*
<u>Acanthomia sp.</u>	Heteroptera			*	
<u>Anoplocnemis curvipes</u>	Heteroptera			*	
<u>Dysdercus supersticiosus</u>	Heteroptera	*			*
<u>Eurystylus marginatus</u>	Heteroptera				*
<u>Mylabris spp.</u>	Coleoptera	*	*	*	*
<u>Psalydotta fusca</u>	Coleoptera	*			
<u>Psalydotta vesta</u>	Coleoptera	*			
<u>Sesamia spp.</u>	Lepidoptera	*	*		*
<u>Busseola fusca</u>	Lepidoptera		*		*
<u>Heliothis armigera</u>	Lepidoptera	*	*		*
<u>Raghuva albipunctella</u>	Lepidoptera	*			
<u>Maruca testulalis</u>	Lepidoptera			*	
<u>Acigona ignefusalis</u>	Lepidoptera	*			*
<u>Eldana saccharina</u>	Lepidoptera	*	*		*

de cette association, dont la pratique est pourtant très courante en zone Sud du pays. Il faut noter qu'en monoculture, l'incidence des deux principaux foreurs (Eldana saccharina et Sesamia calamistis) communs au mil et au maïs est négligeable.

La question que l'on se pose est la suivante: Quel va être le comportement d'Acigona ignefusalis (principal foreur de tige du mil dans le Sahel) et des deux autres (Eldana saccharina et Sesamia calamistis) au niveau de l'association?

Concernant les punaises des épis, la pression des Dysdercus superstitiosus pourrait être forte sur le mil associé au maïs ou au niébé dans les zones où le problème se pose.

CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Après la revue des travaux effectués sur le problème, il apparaît que l'association céréale/légumineuse peut être un moyen de contrôle de certains insectes ravageurs des mils et sorghos.

Une diminution de l'infestation du sorgho par différents ravageurs a été constatée dans le cas de l'association sorgho/légumineuse. L'association permettrait donc de réduire ou même d'éviter l'utilisation des insecticides. Ainsi, elle deviendrait une des composantes importantes de la lutte intégrée contre les ravageurs des cultures.

La grande inconnue reste le cas de l'association mil/maïs, car nous ne disposons d'aucune donnée sur le comportement des insectes ravageurs dans ce type d'association.

Dans les années à venir, notre programme d'entomologie devra donc étudier les points suivants dans les différents types d'associations:

- Estimation des dégâts dus aux principaux ravageurs;
- Connaissance et identification des ravageurs et de leurs parasites;
- Définition des facteurs déterminant l'incidence des principaux ravageurs;
- Utilisation de variétés résistantes;
- Recherche des méthodes de traitements chimiques et utilisation judicieuse de la lutte chimique dans les associations;
- Utilisation de la lutte intégrée.

BIBLIOGRAPHIE

- Bhatnagar V.S., Davies J.C., 1978. Cropping Entomology, Report of work, 1977-1978, ICRISAT.
- Bhatnagar V.S., Davies J.C., 1979. Pest management in intercrop subsistence farming. International workshop, 10-13 January 1979, ICRISAT, Hyderabad, India.
- Bhatnagar V.S., 1980. Cropping entomology, Report of work 1979-1980. ICRISAT.
- Bonzi M.S., Doumbia Y.O., Selvaraj J.C., Konaté A., 1986. Les problèmes phytosanitaires du sorgho dans le Sahel. Compte rendu du séminaire international du projet de lutte intégrée. Niamey (Niger) 6-13 décembre 1984. Direction régionale, Ouagadougou, février 1986.
- Doumbia Y.O., Gahukar R.T., 1986. Atherigona soccata (Rondani) et autres mouches nuisibles au sorgho au Mali. Agronomie Tropicale, 41(2): 170-172.
- DRA-DRSPR, 1985. Séminaire-atelier sur la culture associée maïs/mil. Synthèse des travaux. Sikasso, 15-17 janvier 1985.
- Hardas, M.G., Bhagwat, V.R., Sharagat, B.K., 1982. Influence of associated cropping systems on the incidence of sorghum pest complex. College of Agriculture, Nagapur Magazine, 51-52: 19-27.
- ICRISAT/Mali, 1986. Recherche sur les systèmes de cultures à base de sorgho et de mil. Agronomie Commission technique des productions vivrières et oléagineuses. Bamako 7-11 avril 1987.
- Mahadevan N.R., Chelliah S. 1986. Influence of intercropping legumes with sorghum on infestation of the stem borer, Chilo partellus (Swinhoe) in Tamil Nadu, India. Tropical pest management, 1986, 32(2) 162-163.
- Serafini P.G., et Assistant. 1982. Bilan de 5 années de recherche sur les cultures associée (ICRISAT/Mali).
- Sharma H.C. 1984. Future strategies for pest control in sorghum. National seminar on pest management in citrus, cotton, sugarcane and sorghum: progress and problems. 5-7 January, 1984, PKV, College of Agriculture, Nagapur, Maharashtra, India.

L'ASSOCIATION DES CULTURES COMME MOYEN DE LUTTE CONTRE LES MAUVAISES HERBES ET LE STRIGA

A. Konaté

Responsable programme de malherbologie, SRCVO, IER, Mali.

INTRODUCTION

Il n'y a que quelques années seulement que la recherche agronomique s'exerce, parce que réalité du monde paysan, à rendre beaucoup plus productive cette vieille pratique par une meilleure organisation spatiale et temporelle des cultures en association, et par une résolution des problèmes inhérents:

- Choix judicieux des espèces selon les intérêts que celles-ci présentent ou leur compatibilité; et

- L'adéquation des méthodes agronomiques et phytosanitaires.

Ainsi, dans le domaine de la lutte contre les mauvaises herbes, Rao et Shetty (1976), rapportèrent que l'association sorgho/pois d'Angole réduisait considérablement le développement des mauvaises herbes. Près de 50 à 75% de réduction de l'infestation en mauvaises herbes ont été obtenus dans les associations de pois d'Angole avec le sorgho, le mil, le niébé ou le pois chiche. Bhan et Singh (1972), recommandèrent l'utilisation de l'Alachlore ou du Nitrofène à la dose de 2 kg m.a/ha.

Bien que récent, le programme de malherbologie au Mali, a dans le même sens, obtenu des résultats à travers les essais ci-dessous indiqués.

INFLUENCE DE L'ASSOCIATION DE CULTURES SUR LES MAUVAISES HERBES

Il a été conduit deux séries d'expérimentation selon le dispositif des blocs de Fisher à la Station de Sotuba. La première portant sur la comparaison du sorgho en culture pure, l'association sorgho/arachide et l'association sorgho/niébé (variété rampante); et la seconde sur le maïs en culture pure, maïs/arachide et maïs/niébé (variété érigée). Dans les deux cas, les semis des deux cultures sont effectués le même jour. Des résultats obtenus (Tableau 1 et 2), il en ressort un avantage en faveur de l'association sur la culture pure et ce à partir de la phase d'épanouissement de la légumineuse. Mais du fait que le niébé se trouve attaqué par S. gesnerioides et nécessite des traitements phytosanitaires pour une production assurée, l'arachide jusqu'ici indemne de Striga et ne nécessitant aucun traitement reste donc la culture de couverture indiquée par l'association.

Tableau 1. Analyse des résultats de l'essai influence de l'association de cultures sur les mauvaises herbes, Sotuba, 1985.

	Poids grains sorgho (kg/ha)	Nombre panicules à la récolte (ha)	Poids fanes sèches (kg/ha)	Nombre adventices au 15 ^e jour AL m ²	Nombre adventices à la récolte (m ²)	Poids adventices à la récolte (g/m ²)
Culture pure de sorgho	1950	52 430	-	46,42	86,25	198
Sorgho/arachide	2180	52 890	813	42,75	54,58	75
Sorgho/niébé	1840	51 040	1070	43,25	25,58	54
Différence entre traitement	NS	NS	-	NS	HS	S
Différence entre blocs	NS	NS	-	NS	NS	NS
C.V. (%)	35,73	29,23	-	42,45	47,11	68,84
PPDS	-	-	-	-	54,31	97

Tableau 2. Analyse des résultats de l'essai influence de l'association de cultures sur les mauvaises herbes, Sotuba, 1985.

	Poids grains maïs (kg/ha)	Nombre épis à la récolte (ha)	Poids fanes sèches (kg/ha)	Nombre adventices au 15 ^e jour AL m ²	Nombre adventices à la récolte (m ²)	Poids adventices à la récolte (g/m ²)
Culture pure de maïs	2810	36 920	-	44,00	139,50	201,91
Maïs/arachide	2810	36 230	1195	35,91	47,00	72,37
Maïs/niébé	2840	36 580	430	44,25	66,50	117,97
Différence entre traitements	NS	NS	-	NS	HS	S
Différence entre blocs	NS	S	-	NS	NS	NS
CV (%)	23,53	8,72	-	55,54	33,32	58,44
PPDS	-	-	-	-	36,15	98,29

Influence de l'association des cultures et du type de fumure sur le Striga hermonthica

Cet essai a été conduit à Cinzana et Baramandougou sur des parcelles paysannes infestées de Striga hermonthica et suivant le dispositif du split-plot avec six répétitions. L'arrangement spatial de l'association a été de deux lignes d'arachide et deux lignes consécutives de mil. Le semis des deux cultures eut lieu le même jour.

Au regard des résultats (Tableau 3), nous notons un assez bon comportement de l'association en matière de réduction de l'incidence du Striga (densité et délais d'émergence). La fertilisation, bien que signalée comme cause de prolifération de Striga par son insuffisance dans le sol, n'a pas eu d'effet marquant.

Contrôle des mauvaises herbes par l'association des cultures et par l'herbicide

Dans les deux cas, l'arachide est considérée comme culture principale et la céréale comme culture secondaire. Les arrangements des associations ont été de quatre lignes d'arachide entre deux lignes consécutives de la céréale avec semis le même jour, et de deux lignes de maïs entre deux lignes consécutives de mil avec semis du mil quinze jours après celui du maïs.

L'herbicide utilisé, l'Igran 500 (ma = terbutryne 500 g/l) a été appliqué à la dose de 2,5 l/ha de P.C. au moment du semis de l'arachide et du maïs.

Dans les deux séries d'expérimentation, on remarque une réduction des population de mauvaises herbes par l'herbicide et par l'association arachide/céréale avec non signification de l'interaction (Tableaux 4 et 5).

DISCUSSIONS ET PERSPECTIVES DE RECHERCHE

Nous observons qu'il s'agisse du contrôle des adventices ou particulièrement de celui du Striga, que la forme de l'association de cultures offrant le plus d'avantages demeure celle reposant sur l'arachide comme culture de couverture. Si, pour d'autres raisons, on désire faire du niébé à la place de l'arachide, la variété Gorom-gorom (résistante au S. gesnerioides) serait la mieux indiquée.

Aussi, puisque le contrôle des adventices par l'association ne se fait qu'à partir de l'épanouissement de la culture de couverture (arachide ou niébé) la recherche d'herbicides appropriés s'avère nécessaire pour combler la phase d'avant épanouissement de ces cultures.

La recherche en matière de contrôle des adventices (malherbologie) n'étant qu'à ses débuts dans ce domaine de

Tableau 3. Analyse des résultats des essais influence de l'association de culture et du type de fertilisation sur *Striga hermonthica*, Baramendougou, 1986.

	Poids grains mil (kg/ha)	Poids fanes sèches arachide (kg/ha)	Poids gousses arachide (kg/ha)	Durée émergence ler S en JAS	Nombre pieds <i>Striga</i> récoltés sur 40,5 m ² *
Culture pure mil (S0)	1517 a	-	-	62,125 b	18,206 a
Mil/arachide (S1)	826 b	1790	1440	69,063 a	6,817 b
Pas de fumure (F0)	750 d	1327	1006	62,250	13,982
100 kg/ha complémentaire + 50 kg/ha urée (F1)	1586 a	2531	2006	66,750	9,286
2,5 t/ha fumure étable (F2)	1244 b	1852	1605	64,625	13,958
2,5 t/ha compost (F3)	1106 c	1451	1142	65,750	12,822
S0-F0	981	-	-	61,000	20,681
S0-F1	1981	-	-	63,500	14,081
S0-F2	1630	-	-	61,750	19,064
S0-F3	1475	-	-	62,250	19,000
S1-F0	519	1327	1006	69,500	7,283
S1-F1	1191	2531	2006	70,000	4,491
S1-F2	858	1852	1605	67,500	8,852
S1-F3	738	1451	1142	69,250	6,644
Différence entre répétitions	NS	-	-	NS	NS
Différence systèmes culturels	HS	-	-	HS	HS
Différence type fertilisation	HS	-	-	NS	NS
Syst. cult. x type fert.	S	-	-	NS	NS
CV (%)	7,90	-	-	2,39	28,98

* Transformation $\sqrt{x + 0,25}$

Tableau 4. Contrôle des mauvaises herbes par l'association de cultures et par herbicide, Kita, 1986.

	Poids grains mil (kg/ha)	Poids grains maïs (kg/ha)	Poids gousses (kg/ha)	Nombre adventices 15e JAS sur 2 m ² *	Nombre adventices 30e JAS sur 2 m ² *	Nombre adventices à récolte sur 2 m ² *	Poids adventices 15e JAS (g/m ²)	Poids adventices 30e JAS (g/m ²)	Poids adventices à la récolte (g/m ²)
Sans herbicide H0	1115	1220	415	16,63a	8,84	6,80	378,33a	216,67a	69,15a
Avec herbicide H1	1238	796	440	3,51b	6,96	5,66	20,67b	100,33b	20,50b
Culture pure du mil (S0)	1548a	-	-	10,12	8,55	6,66a	239,25	232,25a	32,12b
Mil/maïs (S1)	652b	1008	-	10,11	7,82	8,44a	154,12	158,37ab	88,75a
Mil/arachide (S2)	1390a	-	428	9,99	7,34	3,60b	205,12	84,87b	13,62b
H0-S0	1506	-	-	16,15	9,44	7,96	450,00	275,00	52,50
H0-S1	513	1220	-	16,72	9,08	8,40	287,50	262,50	136,25
H0-S2	1446	-	415	17,04	8,01	4,04	397,50	112,50	18,75
H1-S0	1590	-	-	4,09	7,66	5,36	28,50	189,50	11,75
H1-S1	792	796	-	3,51	6,57	8,47	20,75	54,25	41,25
H1-S2	1332	-	440	2,94	6,66	3,16	12,75	57,25	8,50
Différence entre répétitions	NS	-	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Différence niveaux herbicides	NS	-	-	HS	NS	NS	HS	HS	NS
Différence systèmes culturaux	HS	-	-	NS	NS	HS	NS	HS	HS
Niveau herbicide x syst. cult.	NS	-	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	24,55	-	-	22,92	20,92	32,20	55,41	65,56	20,46

* Transformation $\sqrt{x + 0,25}$

Tableau 5. Contrôle des mauvaises herbes par l'association de cultures et par herbicide, Kita, 1986.

	Poids grains sorgho (kg/ha)	Poids gousses arachide (kg/ha)	Nombre adventices 15e JAS sur 2 m ² *	Nombre adventices 30e JAS sur 2 m ² *	Nombre adventices à récolte sur 2 m ² *	Poids adventices 15e JAS (g/m ²)	Poids adventices 30e JAS (g/m ²)	Poids adventices à la récolte (g/m ²)
Sans herbicide H0	961	1045	4,89a	4,66a	4,00	3456,25a	317,50a	115,00
Avec herbicide H1	1090	1071	2,08b	3,22b	2,71	32,62b	75,00b	107,50
Culture pure sorgho (S0)	1282a	-	3,40	3,90	3,71	245,00	181,25	178,12
Sorgho/arachide	769b	1058	3,57	3,98	3,00	243,87	211,25	44,38
H0-S0	1208	-	4,85	4,77	3,93	446,25	321,25	158,75
H0-S1	602	1045	4,93	4,54	4,06	466,25	313,75	71,25
H1-S0	1356	-	1,95	3,03	3,49	43,75	41,25	197,50
H1-S1	824	1071	2,21	3,42	1,92	21,50	108,75	17,50
Différence entre répétitions	NS	-	NS	NS	S	NS	S	NS
Différence niveau herbicide	NS	-	HS	HS	HS	HS	HS	NS
Différence systèmes culturaux	S	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Niveau herbicide x syst. cult.	NS	-	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CV (%)	23,94	-	14,95	15,61	26,68	33,64	42,92	131,35

* Transformation $\sqrt{x + 0,25}$

l'association des cultures, il est indispensable de poursuivre les travaux dans des domaines tels que:

- L'appréciation des difficultés du désherbage en cultures associées;

- La mécanisation du désherbage en cultures associées par la recherche d'équipements appropriés et variétés (ou cultures) se prêtant à cette mécanisation;

- Poursuivre la recherche d'herbicides appropriés aux différents types d'associations;

- Etudier l'alternance des différents types d'associations sur les espèces d'adventices difficiles à éliminer en cultures pures;

- Etudier l'arrangement spatiale des cultures associées et choix de variétés à couverture rapide du sol.

BIBLIOGRAPHIE

ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics). 1981. Proceedings of the International Workshop on Intercropping, 10-13 Jan 1979, Hyderabad, India.

Rajat De et S.P. Sing. Management practices for intercropping systems.

A. Konaté et al. Rapport SRCVO. Malherbologie 1985, 1986.

SOCIO-ECONOMIE

INFORMATIONS ET OBSERVATIONS SUR LES CULTURES ASSOCIEES DANS LA ZONE DE L'OPERATION HAUTE VALLEE (OHV)

Jacques C. Denis et B. Coulibaly

Agronome et conseiller technique au SECID (South-East Consortium for International Development), et agronome à la DRSPR (Division de recherches sur les systèmes de production rurale) de l'IER, B.P. 9030, Bamako, Mali.

INTRODUCTION

Qu'il produise pour sa propre consommation, pour la vente ou pour les deux, un agriculteur cherche toujours à maximiser sa production. Lorsque ses moyens lui permettent, le paysan cherche à mettre à profit tous les facteurs de production disponibles. Ainsi, il utilisera les meilleures semences et les meilleures techniques culturales à sa portée, notamment dans la préparation du sol, le semis, l'entretien et la protection de sa récolte.

Cependant, ces moyens sont en général, loin d'être satisfaisants et le paysan fait recours à des compromis pour une meilleure utilisation de ses ressources. Les compromis sont d'autant plus nombreux et complexes que les moyens sont insuffisants et les conditions de culture difficiles. Le paysan qui a un revenu annuel faible, fait appel à de multiples stratégies variant avec les conditions, de manière à maintenir ou augmenter sa production ou son profit.

Une des stratégies les plus anciennes utilisées par les petits agriculteurs est la culture associée. C'est une pratique qui consiste à produire simultanément deux ou plusieurs cultures sur la même parcelle. Elle permet, entre autres, de rendre plus stable et plus rentable la production d'année en année, de sécuriser la production en diminuant les risques de perte totale et d'utiliser de façon plus efficace le sol et la main-d'oeuvre (DRA-DRSPR 1985). D'après Okigbo, cité par Lal (1987), la culture associée rend les rendements plus stables, même avec des niveaux faibles d'intrants.

GENERALITES

Baker (1979) distingue trois classes phénologiques de cultures: celles qui produisent pendant toute la saison, car la production est accumulée dans les parties végétatives (racines, feuilles); celles dites indéterminées, particulièrement les non-photopériodiques (pois, plantes oléagineuses et certains maïs) et enfin celles dites déterminées où la production est localisée dans une inflorescence terminale ou formée tardivement. Contrairement à ce qui se passe chez les cultures indéterminées, la croissance végétative chez les déterminées est arrêtée à l'initiation florale et les dernières feuilles formées servent

particulièrement au remplissage des grains.

Ainsi, d'après Baker, les associations de remplacement sont des associations de cultures appartenant à une même classe phénologique et les associations de cultures superposées sont des arrangements de cultures provenant de classes phénologiques différentes. Dans les associations de remplacement, le rendement total est généralement inférieur au rendement de la culture la plus productrice. Cependant, ces associations peuvent donner des résultats satisfaisants -- si le milieu ne reste pas constant, et si les besoins similaires des cultures arrivent à des périodes de temps différentes.

Les associations de remplacement les plus connues sont les associations du type céréale/céréale, tandis que celles de cultures superposées sont généralement du type céréale/légumineuse. Comme dans le cas des cultures associées céréale/céréale, l'association du type céréale/légumineuse aboutit à un rendement total supérieur grâce à l'absence ou la diminution de la compétition entre les cultures durant la période de production. Dans le premier cas, ceci est obtenu par le biais d'une réduction de la population et dans le deuxième par une réduction dans la taille de la légumineuse. Un rapport grain/paille constant aboutit à un rendement supérieur de la céréale (plante plus grande) dans l'association céréale/céréale, rendement qui reste inchangé (plante de même taille) dans l'association céréale/légumineuse. Le meilleur rendement de la légumineuse est associé avec son rapport grain/paille plus élevé (plante plus petite).

CULTURES ASSOCIEES EN ZONE OHV

Les cultures associées constituent une pratique importante en zone OHV. Au cours des enquêtes menées en février 1987 dans quinze villages bien répartis sur l'ensemble de la zone OHV (Figure 1), les paysans ont répondu à des questions concernant l'utilisation de leurs terres. Les résultats de ces enquêtes indiquent que dans l'ensemble, plus de 40% des superficies cultivées en moyenne étaient en cultures associées (Tableau 1).

Principales associations de cultures

Près d'une trentaine d'associations de cultures ont été enregistrées, dont environ la moitié occupait plus de 10 ha de superficie sur l'ensemble des quinze villages (Tableau 2). Parmi ces associations de cultures, six se révèlent particulièrement importantes en terme de superficies emblavées; dont trois sont à usage répandu et trois à usage localisé.

Associations de cultures à usage répandu

Le mil/niébé (la culture principale du paysan est toujours indiquée en première position) est la culture associée la plus pratiquée dans les villages enquêtés. Dans treize des quinze

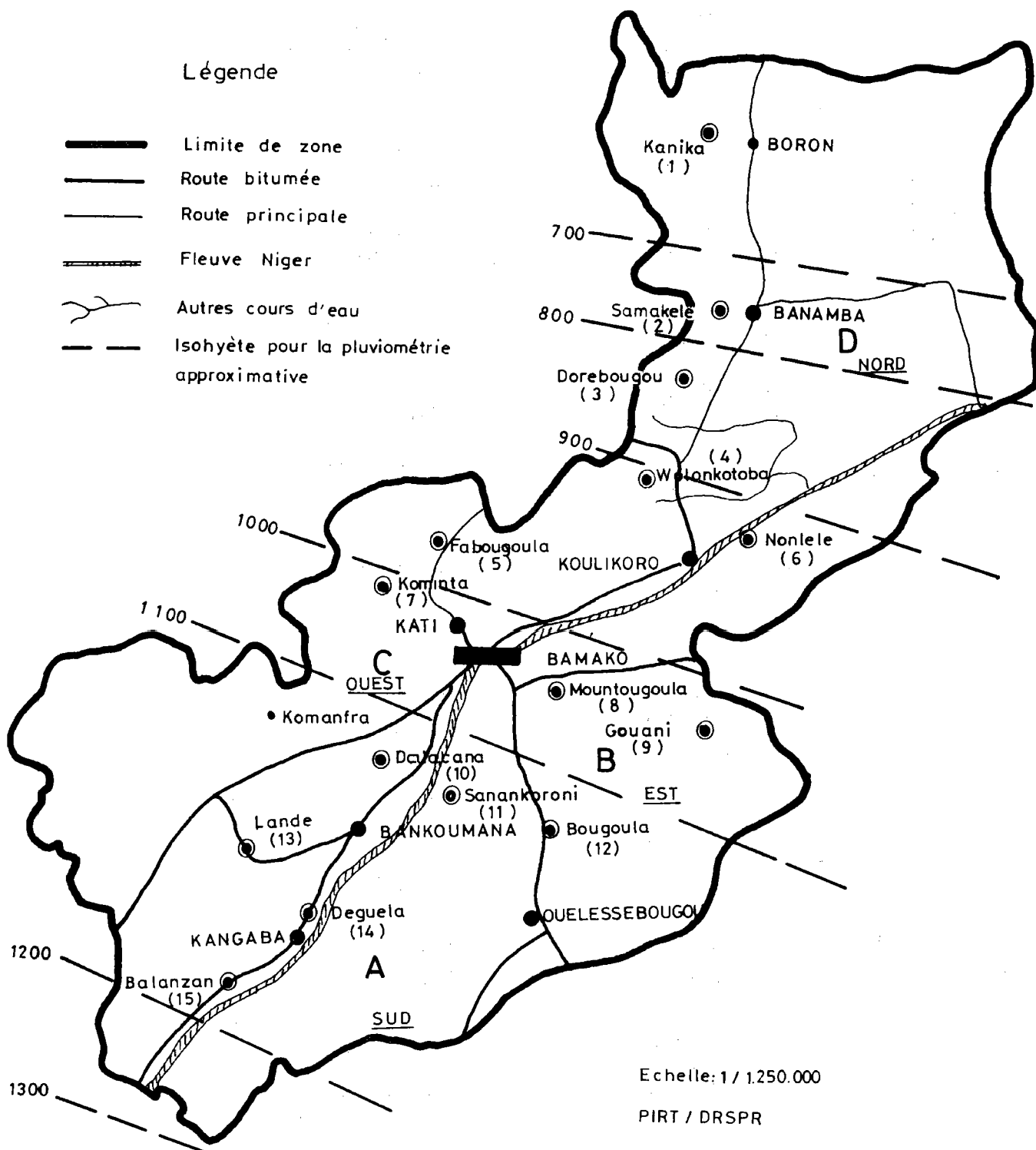


Figure 1. Localisation de 15 villages enquêtés, zone OHV.

Tableau 1. Utilisation des terres cultivées dans les quinze villages enquêtés.

Zones/villages	Cultures pures		Cultures associées		Jachère		Potager		Verger		Total (ha)
	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	(ha)	(%)	
Zone Nord											
Kanika	118,5	19,2	497,0	80,6	0,0	-	0,0	-	1,0	0,2	616,5
Samakélé	123,71	43,2	162,5	56,8	0,0	-	0,0	-	0,0	-	286,21
Dorébougou	202,52	38,4	320,0	60,6	0,0	-	4,55	0,9	1,0	0,2	528,07
Moyenne	148,2	31,1	326,5	66,0	0,0	-	1,50	0,3	0,7	0,1	476,9
Zone Ouest											
Fabougoula	90,72	52,6	76,0	44,1	0,0	-	0,50	0,3	5,10	0,3	172,32
Wolonkotoba	84,92	34,5	147,25	59,8	0,0	-	2,30	0,9	11,80	4,8	246,27
Kominta	158,75	69,5	68,5	30,0	0,0	-	0,0	-	1,30	0,6	228,55
Moyenne	111,5	52,2	97,3	44,6	-	-	0,9	0,4	6,1	2,8	215,7
Zone Est											
Gouani	439,56	60,3	179,0	24,6	109,25	15,0	0,0	-	0,70	0,1	728,51
Néniélé	101,75	22,2	121,5	36,0	85,50	25,3	1,05	0,3	28,0	8,3	337,80
Bougoula	198,2	55,1	114,1	31,7	42,0	11,7	3,75	1,0	1,90	0,5	359,95
Mountougoula	40,35	20,8	118,75	61,2	10,25	12,9	2,60	1,3	21,95	11,3	193,90
Moyenne	195,0	39,6	133,3	38,4	61,8	16,2	1,9	0,7	13,1	5,1	405,0
Zone Sud											
Dalacana	322,85	67,7	72,3	15,2	0,0	-	2,50	0,5	79,0	16,6	476,65
Balanzan	154,0	62,6	91,95	37,4	0,0	-	0,0	-	0,0	-	245,95
Dégoula	181,48	31,3	308,3	53,2	53,25	9,2	0,0	-	36,57	6,3	579,60
Landé	191,65	40,0	132,2	27,6	155,0	32,3	0,0	-	0,70	0,1	479,55
Sanankoroni	125,37	59,2	82,25	38,8	0,0	-	0,0	-	4,25	2,0	211,87
Moyenne	195,1	52,2	137,4	34,4	41,7	8,3	0,5	0,1	24,1	5,0	398,7
Moyenne générale	162,5	43,8	173,6	43,8	25,9	6,1	1,2	0,4	11,0	3,3	374,1

Source: Enquête typologie, DRSPR/OHV, 1987.

Source: Enquête typologie, DRSPR/OHV, 1987.

Tableau 2. Superficies (ha et %) des principales associations de cultures rencontrées dans les villages enquêtés*

Associations	Superficie totale (ha)	Premier village	Superficie		Deuxième village	Superficie	
			(ha)	(%)		(ha)	(%)
1. Mil/niébé	1084,50	Kanika	483,00	44,5	Dorébougou	233,0	21,5
2. Sorgho/niébé	624,20	Gouani	118,20	18,9	Dorébougou	87,0	13,9
3. Arachide/dah	321,45	Déguéla	100,15	31,2	Dalacana	61,8	19,2
4. Maïs/mil	168,15	Déguéla	158,65	94,4			
5. Sorgho/mil	65,75	Kominta	44,00	66,9			
6. Arachide/sorgho	55,00	Balanzan	50,75	92,3			
7. Arachide/dah/pois de terre	31,35	Landé	29,00	92,5			
8. Sorgho/mil/niébé	22,00	Néniélé	14,00	63,6			
9. Maïs/mil/niébé	17,00	Déguéla	17,00	100,0	Wolonkotoba	4,0	18,2
10. Mil/sorgho	16,75	Kominta	14,00	83,6			
11. Maïs/sorgho	16,20	Landé	6,00	37,0			
12. Maïs/niébé	13,00	Landé	7,25	55,8	Bougoula	4,0	30,8
13. Arachide/dah/gombo	12,75	Landé	5,75	45,1	Déguéla	5,0	39,2
14. Maïs/sorgho/niébé	11,25	Déguéla	7,00	62,2			
15. Sorgho/maïs	10,50	Balanzan	5,00	47,6	Déguéla	4,0	38,1
Total	2469,85						
Autres associations	21,75						
Grand total	2491,60						

N.B.: la culture principale est mentionnée en premier lieu.

* Source: Enquête typologie,DRSPR/ONV, 1987.

villages, il y avait une ou plusieurs unités de production qui pratiquaient cette association. Elle est rencontrée particulièrement au Nord avec le mil précocé, où 75% ou plus des unités de production du village la pratiquent (Kanika 100%, Samakélé 77%, Dorébougou 75%).

La deuxième culture associée en terme de surfaces cultivées à usage répandu est le sorgho/niébé. Elle est pratiquée dans quatorze des quinze villages enquêtés. On la rencontre partout où l'on pratique l'association mil/niébé. A part le Nord, où la culture du mil précocé domine, l'association sorgho/niébé reçoit généralement une superficie égale (dans les villages de Wolonkotoba et de Néniché) ou supérieure (dans les douze autres villages) à la superficie utilisée pour le mil/niébé.

L'arachide/dah est la troisième culture associée en terme de surface cultivée dont la pratique est généralisée dans plusieurs villages. On la trouve au Nord à Samakélé, à l'Ouest à Kominta, mais elle est surtout pratiquée à l'Est dans la zone cotonnière et au Sud des deux côtés du fleuve Niger.

Associations de cultures à usage localisé

Si l'on se base sur la superficie totale cultivée, trois autres associations de cultures doivent être considérées comme étant très importantes. Ce sont: l'association maïs/mil, pratiquée presque exclusivement à Déguéla avec 94,4% des superficies totales cultivées avec cette association; l'association sorgho/mil, rencontrée à Kominta (66,9%) et l'arachide/sorgho, que l'on trouve à Balanzan (92,4%).

Neuf autres associations de cultures à usage plus ou moins localisé ont reçu une superficie de dix hectares ou plus dans les quinze villages enquêtés. Ces associations de culture sont: arachide/dah/pois de terre, sorgho/mil/niébé, maïs/mil/niébé, mil/sorgho, maïs/sorgho, maïs/niébé, arachide/dah/gombo, maïs/sorgho/niébé et sorgho/maïs (Tableau 2).

Quelques caractéristiques des principales associations de cultures

Parmi les quinze associations de cultures importantes enregistrées dans les quinze villages, cinq sont des associations de remplacement céréale/céréale. Ce sont les maïs/mil et sorgho/mil qui sont les 4^e et 5^e respectivement en terme de superficies totales cultivées, le mil/sorgho, le maïs/sorgho et le sorgho/maïs qui sont les 10^e, 11^e et 15^e. Les autres dix, soit les 2/3 sont des associations de cultures superposées, généralement plus productrices (Tableau 2).

En général, on rencontre trois céréales (mil, maïs et sorgho), associées entre elles ou avec le niébé et parfois l'arachide. L'arachide/dah est une culture associée pratiquée par les femmes, dans laquelle on peut trouver en plus le pois de terre et/ou le gombo.

En allant du Nord au Sud, la tendance semble être de remplacer le mil par le sorgho et ensuite le sorgho par le maïs dans le même type d'association (Figure 2). On peut supposer que cette distribution est fonction de la demande en eau de ces céréales, car la pluviométrie va aussi en augmentant du Nord vers le Sud. Utilisant la superficie occupée par les cultures associées et dans les quinze villages enquêtés du Nord vers le Sud, on constate que le mil/niébé est l'association la plus importante au Nord, suivie du sorgho/niébé au Centre, de l'arachide/dah au Sud et enfin de l'arachide/sorgho encore plus au Sud (Figure 2, Tableau 3).

Ces choix n'ont pas été dictés par l'encadrement qui, dans certains cas, peut même déconseiller une certaine association de culture jugée contre-indiquée comme par exemple le coton/niébé, l'arachide/coton ou l'arachide/niébé.

Autres associations de cultures

Les cultivateurs enquêtés ont en plus mentionné quelque quatorze autres associations de cultures: mil/maïs, pois de terre/dah, arachide/niébé, arachide/pois de terre, pois de terre/arachide, maïs/verger/courge/calebasse, arachide/coton, maïs/calebasse, maïs/courge/calebasse, arachide/sorgho/dah, coton/niébé, verger/tabac, pois de terre/niébé et sorgho/arachide.

Ces associations de cultures répondent à des besoins ponctuels spécifiques d'une ou de plusieurs unités de production dans des circonstances déterminées. Ainsi, d'une année à une autre, elles peuvent ne pas être pratiquées.

SITUATION DE LA CULTURE ASSOCIEE DANS LES VILLAGES ENQUETES

D'une manière générale, jugeant par le pourcentage de terres cultivées utilisées dans les villages pour les associations de cultures, on note que la culture associée est plus importante dans la zone du Nord (66%), suivie par la zone des Monts Mandingues (44,6%), puis la zone cotonnière de l'Est (38,4%) et la zone du Sud (34,4%) (Tableau 1).

Bien que cette tendance de la diminution en importance de la culture associée en allant du Nord au Sud soit nette, il existe cependant quelques exceptions qui méritent d'être notées. Kominta utilise relativement peu la culture associée (30% des superficies totales cultivées), en comparaison avec les autres villages de la zone des Monts Mandingues. Par contre, Montougoula, dans la zone Est, pratique la culture associée autant que les villages du Nord (61,2%). Il en est de même pour Déguéla dans la zone Sud (53,2%). A Kominta et à Montougoula, les associations de cultures rencontrées sont surtout le sorgho/niébé et le mil/niébé indiquant une zone à pluviométrie moyenne faible, tandis qu'à Déguéla, c'est le maïs/mil qui domine indiquant une zone à pluviométrie moyenne plus élevée.

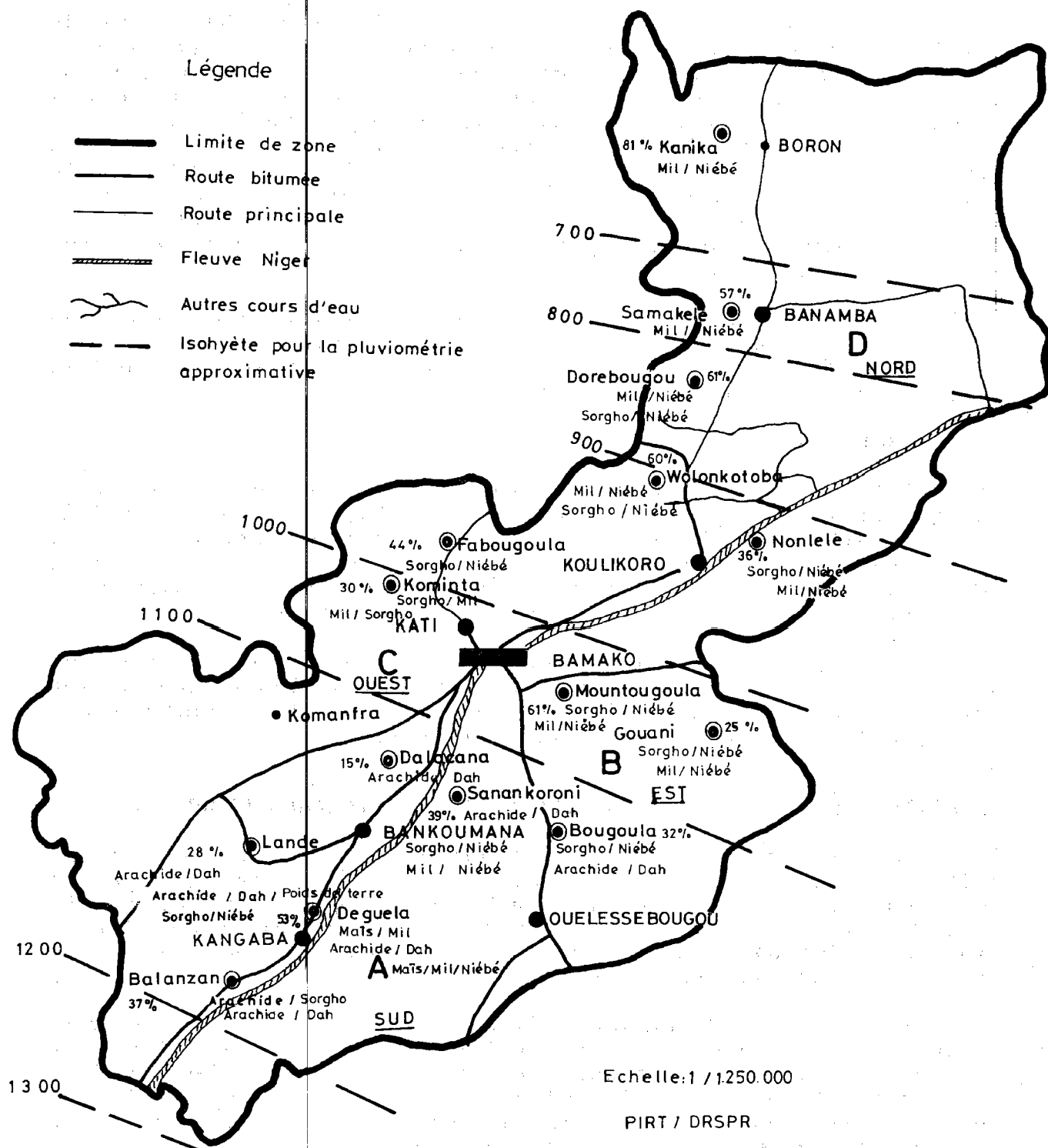


Figure 2. Distribution géographique des principales associations de culture dans les 15 villages enquêtés, zone OHV.

Tableau 3. Localisation des principales associations de cultures.

Zones/villages	Associations de cultures dominantes
Zone Nord	
Kanika	Mil/niébé
Samakélé	Mil/niébé
Dorébougou	Mil/niébé, sorgho/niébé
Zone Ouest	
Wolonkotoba	Mil/niébé, sorgho/niébé
Fabougoula	Sorgho/niébé
Kominta	Sorgho/niébé, mil/niébé
Zone Est	
Néniélé	Sorgho/niébé, mil/niébé
Mountougoula	Sorgho/niébé, mil/niébé
Gouani	Sorgho/niébé, mil/niébé
Bougoula	Sorgho/niébé, mil/niébé
Zone Sud	
Dalacana	Arachide/dah
Sanankoroni	Arachide/dah, sorgho/niébé, mil/niébé
Landé	Arachide/dah, sorgho/niébé, arachide/dah/pois de terre
Déguéla	Maïs/mil, arachide/dah, maïs/mil/niébé
Balanzan	Arachide/sorgho, arachide/dah

Les villages de Kominta (30%), Gouani (24,6%), Dalacana (15,2%) et Landé (27,6%) où il y a un pourcentage moindre de superficies utilisées pour la culture associée, sont aussi parmi les villages ayant le plus de boeufs de labour par unité de production (Tableau 4).

PRATIQUES CULTURALES PAYSANNES EN RELATION AVEC LES CULTURES ASSOCIEES

Les quelques informations qui suivent ont été recueillies grâce à des enquêtes informelles conduites en milieu paysan cette année.

Mil/niébé, sorgho/niébé, mil/niébé/dah, sorgho/niébé/dah

Ces cultures associées sont pratiquées de la même façon par les paysans avec de légères différences entre ceux du Nord (Kanika, Samakélé) et du Sud (Dalacana). La céréale et le niébé sont mélangés dans une proportion proche de 9 sur 1, semé en même temps dans le même poquet. Ce semis se fait sur billon dans le Nord et à plat après grattage à sec dans le Sud. Au Sud, lorsque la terre est labourée, on sème le sorgho ou le mil d'abord et après on sème le niébé. Lorsque le dah fait partie de l'association, il est semé après la levée des premières cultures.

L'entretien consiste généralement en un sarclage suivi d'un sarclo-buttage dans les endroits où l'on utilise les buttes (Samakélé). Le plus souvent, le niébé est récolté en premier lieu, les gousses d'abord et enfin les fanes de niébé qui sont séchées puis conservées sur les hangars afin d'être utilisées dans l'alimentation des animaux l'année suivante.

Les grains de niébé sont consommés après prélèvement d'une certaine quantité comme semences. Les fanes de niébé peuvent cependant être vendues à un prix variant entre 25 et 100 FCFA la botte.

Arachide/dah, arachide/dah/pois de terre et arachide/dah/niébé

On rencontre ces associations de cultures soit dans les champs intermédiaires, soit dans les champs de brousse, dans toute la partie Sud de la zone OHV. Le dah utilisé est le dah alimentaire, le dah fibre étant associé plutôt avec le maïs. Ces associations de cultures sont généralement pratiquées par les femmes.

Le semis est fait avec la daba. Le dah est semé d'abord pour faire les couloirs et ensuite l'arachide est semée à l'intérieur des couloirs, le plus souvent le jour même du semis du dah. Les proportions observées sont en moyenne 80% arachide et 20% dah, soit une ligne de dah pour quatre lignes d'arachide. L'arachide n'est pas démarquée, tandis que le dah est démarqué à 4 plants par poquet.

L'entretien du champ est le même que pour un champ d'arachide. La récolte de l'arachide se fait d'abord en mi-

Tableau 4. Pourcentage de terres en cultures associées et nombre de boeufs de labour par unité de production dans les villages enquêtés

Zones/villages	% terres en cultures associées	Nombre de boeufs labour par UP
Zone Nord		
Kanika	80,6	1,26
Samakélé	56,8	0,75
Dorébougou	60,6	0,57
Zone Ouest		
Fabougoula	44,1	0,28
Wolonkotoba	59,8	0,30
Kominta	30,0	1,00
Zone Est		
Gouani	24,6	1,57
Néniélé	36,0	1,22
Bougoula	32,0	1,61
Montougoula	61,2	0,66
Zone Sud		
Dalacana	15,2	1,22
Balanzan	37,4	1,82
Déguéla	53,2	1,61
Landé	27,6	2,38
Sanankoroni	38,8	1,20

novembre pour un semis de fin juin-début juillet, tandis que celle du dah se fait en fin novembre-début décembre. L'arachide est conservée en coque et le dah en graines dans des greniers de case.

Les fanes d'arachide sont utilisées dans l'alimentation des boeufs de labour et les graines pour faire la sauce. Comme l'arachide, le dah est utilisé de plusieurs façons. On fait le jus avec la fleur, la sauce avec les feuilles et un condiment, le "datou", avec la graine.

Maïs/sorgho, maïs/sorgho/niébé

Ces associations se trouvent dans le Sud de la zone OHV, dans les champs intermédiaires de préférence ou à défaut dans d'autres champs disponibles. Les proportions des cultures peuvent être de 1 sur 1 ou bien de 3 sur 1 en maïs/sorgho. Comme pour le maïs, les travaux du sol et le semis se font durant le mois de juin. Le maïs est semé 2 à 3 semaines avant le sorgho, le niébé en même temps que le sorgho en interpoquet. Certains paysans disent qu'ils cherchent à faire coïncider la maturation du niébé avec celle du sorgho. Guédé, une variété locale de sorgho, semble être très bien adaptée à cette association de cultures.

Au démariage, une moyenne de 2 plants sont laissés par poquet de maïs et 4 à 5 plants par poquet de sorgho. Lorsque le niébé est inclus dans cette association, on peut trouver les proportions suivantes de l'ordre de 80% maïs, 15% de sorgho et 5% de niébé.

Aucun entretien particulier n'a été signalé par les paysans enquêtés. Cependant, il faut noter que ces associations peuvent bénéficier de l'application de la fumure organique en avril-mai jusqu'à plus de 5 tonnes/ha suivant la disponibilité et même de la fertilisation minérale jusqu'à concurrence de 100 kg/ha de l'engrais complexe coton.

Le maïs est récolté en septembre et le sorgho en novembre-décembre. A la récolte, les tiges de maïs sont coupées tandis que les tiges de sorgho sont couchées. Le maïs se conserve en épis despathés dans des greniers en séco. Le sorgho est conservé en grain après battage dans des sacs ou des greniers. Après la récolte, on laisse les animaux pâturer dans les champs.

Deux problèmes ont été mentionnés par les paysans à propos de cette association de cultures. Premièrement, la culture pure peut donner mieux que la culture associée lorsque les terres sont pauvres. Deuxièmement, dans le cas de manque d'eau, il faut semer le maïs d'abord, ensuite le sorgho après quelques semaines. On risque ainsi d'obtenir une mauvaise récolte de sorgho si l'hivernage devient court.

Maïs/mil

Il s'agit d'une association particulière très populaire dans le

Sud de la zone OHV, observée surtout à Déguéla et Balanzan. Elle est cultivée comme le maïs/sorgho. Cependant, les proportions sont souvent 70% maïs et 30% mil. Souvent, le mil n'est pas démarié et le maïs laissé à 3 plants par poquet.

Les pratiques culturales sont très semblables à celles du maïs/sorgho. Le maïs comme toujours, se conserve dans des greniers en séco tandis que le mil, après battage, se conserve dans des greniers en banco. Les tiges de mil comme les tiges de sorgho sont laissés au champs après récolte.

Arachide/sorgho/gombo/pois de terre/dah

Cette association est pratiquée par les femmes dans le Sud. Il s'agit de cinq cultures sans exigence particulière, cultivées sur une même parcelle dans les proportions suivantes: l'arachide semée en foule ou en ligne à 82%, le sorgho semé en ligne à 6%, le gombo semé en foule à 6%, le pois de terre semé en foule à 3% et le dah en ligne à 3%. Au démariage, le sorgho est laissé à 3-5 plants par poquet, le gombo à 1-2 plants par poquet, le pois de terre et l'arachide à 1 plant par poquet et le dah à 1-5 plants par poquet (presque sans démariage).

L'entretien est celui donné généralement à l'arachide. Après la récolte, l'arachide est conservée en coque dans des greniers en banco, le sorgho en grains dans des sacs, le gombo à sec dans des sacs, le pois de terre comme l'arachide et le dah est conservé mélangé à la cendre de cuisine dans des sacs ou des greniers.

QUELQUES RESULTATS DE LA RECHERCHE SUR LES CULTURES ASSOCIEES EN MILIEU PAYSAN DE LA ZONE OHV

Test sur la culture de relais maïs/niébé en 1984

En 1984, le SAFGRAD a conduit six essais dans la zone OHV sur la culture de relais maïs-grain/niébé-gousse, une association de cultures dans laquelle le niébé était semé dans les interlignes un mois après le maïs. Le ratio de surface équivalente (RSE) qui permet de comparer le rendement de la culture associée avec ceux des cultures pures du maïs et du niébé montre que dans cinq essais sur six l'avantage était à la culture associée.

Les tests de culture de relais maïs-grain/niébé-fane cette même année ont abouti à la supériorité de la culture associée sur les cultures pures dans six cas sur neuf. Dans les deux groupes d'essais, cet avantage pouvait aller jusqu'au double de la production des cultures pures (Tableau 5).

La majorité des paysans participant à la conduite des tests ont préférés la culture de relais à la culture pure du niébé. Cependant, ils auraient opté de préférence pour la même système maïs avec le mil au lieu du maïs et ensuite pour une variété érigée de niébé au lieu de la variété rampante utilisée. Le

Tableau 5. Ratio de surface équivalente (RSE)* de l'association maïs/niébé.

Villages	RSE Rendement maïs-grain/ niébé-gousse	RSE Rendement maïs-grain/ niébé-gousse
Kangaba B	1,14	0,88
Falan	-	1,40
Fiah	-	1,21
Bougoula	-	1,59
Kangaba H	1,39	0,91
Niamey	2,57	1,55
Missira	2,67	1,24
Tombola	0,93	0,64
Narena	-	2,02
Bassian	1,11	-
Moyenne	1,64	1,22

* $RSE = \frac{CAM1}{CPM1} + \frac{CAN2}{CPN2}$ où

CAM1 = Rendement de la culture associée maïs

CPM1 = Rendement de la culture pure maïs

CAN2 = Rendement de la culture associée niébé

CPN2 = Rendement de la culture pure niébé

Lorsque le $RSE = 1$, ceci indique que le rendement de la culture associée serait plus ou moins égal à celui de la culture pure sur la même surface.

Avec un RSE supérieur à 1, on devrait obtenir un rendement supérieur de l'association sur la culture pure.

un $RSE = 1,10$ par parcelle dit qu'un hectare de l'association produirait autant que 1,10 ha de la culture pure.

Enfin, avec un RSE inférieur à 1, l'association risque d'avoir un rendement inférieur à celui de la culture pure.

développement du maïs serait probablement moins affecté et la culture attelée mieux utilisée.

Les données semblent indiquer que le surplus de rendement de la culture associée est généralement accompagné d'une amélioration de la densité de population grâce à la pratique même de la culture associée.

Tests sur l'association maïs/mil en 1986

Il s'agissait d'une année de sécheresse, pluviométrie moyenne de 521 mm comparée à une normale de 900 à 1000 mm pour les sites utilisés.

Le Striga a affecté sévèrement certains essais et enfin il y a eu l'ensablement des plantules à cause de vents secs assez forts. En conséquence, aucune conclusion fiable n'a pu être tirée de ces tests (SAFGRAD 1986).

Si les résultats obtenus par le SAFGRAD en zone OHV n'ont pas été concluants, par contre, ceux obtenus en zone CMDT ont été favorables à la culture associée maïs/mil (SAFGRAD 1985). Ces résultats aussi tendent à montrer une correspondance entre le RSE du rendement et le RSE de la densité de population pour la culture associée.

DISCUSSION

On a pu établir que la culture associée est une pratique ancienne qu'on rencontre partout en zone OHV. Elle est utilisée avec intérêt et sans doute pour des raisons diverses, par un très grand nombre de paysans.

La valeur de cette pratique est bien connue au Mali comme ailleurs. Généralement, la culture associée produit mieux que les cultures pures correspondantes sur une même surface. Cette plus-value peut s'expliquer de plusieurs façons. Les travaux de l'ICRISAT au Mali ont montré que les différences variétales, les niveaux de densité de population et la réponse à la fertilisation azotée peuvent conduire à un ratio de surface équivalente supérieur à l'unité (ICRISAT 1985).

Cependant, il faut le reconnaître, la recherche thématique, aussi bien que la recherche appliquée a encore beaucoup à faire dans le domaine de la culture associée. Les paysans ont besoin de recommandations sur les types de cultures, les caractéristiques variétales, les types de sols, les meilleures pratiques culturales qui peuvent leur permettre d'obtenir de meilleurs rendements avec la culture associée, même sous un climat peu favorable. On sait bien que cela conduit en général à une plus-value économique. Mais il reste encore à déterminer la valeur économique réelle de cette pratique à court et à long terme. Par exemple, pour un système de production déterminé, quelle sorte de culture associée serait plus avantageuse, étant donné les

caractéristiques propres de ce système et les objectifs des familles paysannes qui le pratiquent. Cela fait rentrer tout de suite la notion d'utilité, telle que l'utilité aux membres de la famille, l'utilité aux animaux de la ferme, l'utilité dans le présent et pour les années à venir.

Willey (1979) reconnaît que différentes cultures associées peuvent avoir différentes utilités suivant les circonstances. Il distingue trois grandes situations: celle où la culture associée doit produire plus que la culture pure la plus productrice, celle où la pratique de la culture associée doit conduire à une bonne récolte de la culture principale plus une production additionnelle d'une ou de plusieurs cultures secondaires, et finalement, celle où la culture associée doit avoir un rendement supérieur au rendement combiné des deux cultures pures.

Après avoir fait cette distinction et considérant une culture associée simplement comme une culture, il suggère que la recherche sur la culture associée à l'ICRISAT soit entreprise dans cinq grands domaines: la physiologie végétale, l'agronomie, la stabilité du rendement, la fixation azotée par les légumineuses et la protection végétale. Ce choix couvre presque tout ce qui est nécessaire pour une meilleure compréhension et une meilleure utilisation de la culture associée. Cependant, dans chaque pays, des priorités devaient être établies, tant pour la recherche thématique que pour la recherche appliquée, en fonction des conditions locales et des besoins des utilisateurs.

Au Mali, des recherches pour améliorer la morphologie des plantes, particulièrement des céréales, seraient très utiles. D'abord cela pourrait permettre d'améliorer le rapport grain/paille des variétés et ensuite augmenter le RSE des cultures associées qui incluent ces variétés. Certains paysans pensent qu'une variété érigée de niébé convient mieux à la culture associée qu'une variété rampante. D'autres préfèrent les variétés de niébé qui arrivent à maturité en même temps que le sorgho. Cependant, dans les conditions climatiques de la zone OHV, il semble que plus on sème tard, plus on obtient des rendements réduits. Ainsi, il faudrait modifier le cycle de certaines variétés, par ailleurs adaptées, pour permettre à la fois un semis précoce et simultané des différentes cultures et des récoltes synchronisées suivant les besoins du paysan. Il y a également des paysans qui sont plutôt intéressés par des variétés de céréale à cycle court, résistantes à la sécheresse, adaptées à des sols sableux et qui répondent bien et rapidement à l'alimentation hydrique et à la fertilisation azotée.

CONCLUSION

Les cultures associées constituent une pratique populaire importante en zone OHV. En plus de travaux visant à mieux comprendre et à mieux améliorer cette pratique, il serait nécessaire que la recherche agronomique vise à satisfaire au moins les besoins exprimés dans ce domaine par les paysans. Cela

permettrait ainsi d'augmenter pour eux la rentabilité économique de la culture associée en zone OHV.

BIBLIOGRAPHIE

Baker, E.F.I. 1979. Population, time and crop mixtures. In ICRISAT. 1981. Proceedings of the international workshop on intercropping. 10-13 January 1979, Hyderabad, India. pp. 52-60.

DRA-DRSPR, 1985. Séminaire atelier sur la culture associée maïs/mil. Synthèse des travaux, 15-17 janvier 1985, Sikasso, Mali, 21 p.

ICRISAT, 1985. Annual Report 1984-85. Agronomy. Annual Report, ICRISAT Mali, Bamako.

Lal, Rattan 1987. Managing the soils of sub-saharan Africa. Science 236: 1069-1076.

SAFGRAD 1984. Rapport de la campagne 1984, Bamako, Mali.

SAFGRAD 1986. Rapport de la campagne 1986. Bamako, Mali.

SAFGRAD 1985. Rapport de la campagne 1985. Bamako, Mali.

Willey, R.W. 1979. A scientific approach to intercropping research. In ICRISAT 1981. Proceedings of the international workshop on intercropping, 10-13 janvier 1979, Hyderabad, India. pp. 4-14.

SYNTHESE DES RESULTATS DE PREVULGARISATION SUR LES CULTURES ASSOCIEES AU MALI

Lamine Traoré, Hassane Daou et Amidou Sangaré

Agronome principal et ingénieurs de sciences appliquées
Programme RPAA-SAFGRAD/Mali

INTRODUCTION

La pratique des cultures associées dans l'agriculture traditionnelle de même que moderne remonte de très longues dates dans plusieurs parties du monde (DRA 1985). Au Mali, la culture associée existe sous plusieurs combinaisons traditionnelles parmi lesquelles on rencontre couramment chez le paysan, les associations maïs/mil, mil/sorgho, mil/niébé, sorgho/niébé, maïs/sorgho et arachide/vouandzou (SAFGRAD 1984; DRA 1985). Les cultures associées présentent des avantages certains dont les plus importants sont les suivants:

- La sécurisation de la production avec une réduction des risques;
- L'utilisation plus efficace du sol et de la main-d'oeuvre;
- Une production plus rentable par rapport à la culture pure;
- La maximisation de la production par unité de surface et par saison.

L'irrégularité et la mauvaise répartition des pluies, voire la sécheresse presque endémique des deux dernières décennies, ont poussé les chercheurs maliens à entamer des travaux de recherche sur les cultures associées. C'est ainsi que les premières expérimentations ont été conduites en 1975, à Sotuba, pour une durée de deux campagnes au bout desquelles le Programme coopératif ICRISAT/Mali a vu le jour, en 1977 (Serafini 1982).

De 1977 à 1986, l'ICRISAT et la structure nationale de recherche ont conduit plusieurs recherches sur les cultures associées. Parmi les différentes cultures mises en association, les associations maïs/mil et mil/niébé se sont montrées intéressantes.

Ainsi, à la lumière des résultats obtenus, le Programme RPAA (projet No 31 SAFGRAD/Mali) visant le transfert des technologies de la recherche au monde rural a conduit, depuis 1984, des tests de pré vulgarisation sur les cultures associées au niveau des opérations de développement. Il s'agit de la Compagnie malienne pour le développement des textiles (CMDT), l'Opération haute vallée (OHV) et la Direction régionale de l'agriculture de Ségou.

Objectifs

Ces tests visaient à:

- Evaluer le potentiel productif et le comportement de l'association maïs/mil, où le maïs est considéré comme la culture principale, et de l'association mil/niébé, où le mil est la culture principale;

- Comparer l'effet du semis en lignes alternées de maïs et de mil (pratique améliorée) à celui du semis en poquets alternés (méthode du paysan) sur le rendement des deux cultures en association;

- Comparer l'association aux cultures pures de maïs, de mil et de niébé.

MATERIELS ET METHODES

Cinquante-cinq tests de pré vulgarisation sur l'association maïs/mil et mil/niébé ont été conduits au niveau paysan, 14 en 1984, 16 en 1985 et 25 en 1986, dans les zones d'intervention de la CMDT, de l'OHV et de la DRA-Ségou.

Association maïs/mil

En 1984, le maïs a été semé aux écartements de 80 cm x 40 cm, et démarré à 2 plants/poquet, soit une densité de 62 500 plants/ha. Le mil a été semé 15 jours après le maïs aux écartements de 80 cm x 80 cm et démarré à 2 plants/poquet, soit une densité de 31 250 plants/ha.

En 1985 et 1986, les densités ont été légèrement modifiées: le maïs a été semé aux écartements de 80 cm x 25 cm, démarré à 1 plant/poquet, soit 50 000 plants/ha; le mil a été semé aux écartements de 160 cm x 45 cm avec un démarrage à 3 plants/poquet, soit 29 529 plants/ha.

Les tests implantés en 1984 et 1985 comportaient quatre traitements complètement randomisés au niveau de chaque site qui constituait une répétition:

T1 = maïs pur;

T2 = mil pur;

T3 = maïs/mil semés en lignes alternées (deux lignes de maïs pour une ligne de mil);

T4 = maïs/mil semés en poquets alternés.

En 1986, les dispositifs étaient composés de deux traitements:

T1 = association en lignes alternées;

T2 = association en poquets alternés (méthode du paysan).

Les semences des variétés locales de maïs et de mil ont été fournies par le paysan.

La fumure de fond qui est soit le complexe coton ou le phosphate d'ammoniaque a été apportée à la reprise du labour et juste avant le semis à la dose de 100 kg/ha. Une application fractionnée d'urée a été effectuée aux 30^e et 50^e jours après le semis du maïs à la dose de 100 kg/ha.

Association mil/niébé

Pour ce qui concerne l'association mil/niébé à la DRA-Ségou, la variété de niébé KN-1 a été utilisée. Les écartements ont été de 75 cm x 50 cm avec un démariage à 2 plants/poquet, soit 50 000 plants/ha pour le mil, et 150 cm x 50 cm, démarié à 2 plants/poquets, soit 25 000 plants/ha pour le niébé. La dose d'urée apportée (en un seul apport) est de 50 kg/ha. Le dispositif comportait deux traitements:

T1 = association méthode du paysan;

T2 = association en interlignes (deux lignes de mil pour une ligne de niébé).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Association maïs/mil CMDT

En 1984

Les dernières pluies du mois d'octobre ont permis un bon remplissage des grains de mil. Quant au maïs, la maturité a été atteinte dans des conditions pluviométriques relativement satisfaisantes dues à une assez bonne répartition des pluies du mois d'août. Les parcelles présentaient d'assez bonnes densités de peuplement. Les rendements étaient relativement bons (Tableau 1). L'analyse du "t" statistique a été faite entre les cultures pures et les associations aussi bien qu'entre les deux types d'association (Tableau 2).

Cette analyse a prouvé une différence significative entre la pratique des interlignes et les pures et non significative entre la pratique des interpoquets et les pures avec des coefficients de variation de 11 et 13% respectivement. Cependant, la même analyse n'a pas montré de différence significative entre les deux types d'association (interlignes et interpoquets). D'autre part, la majorité des paysans a préféré la méthode des interlignes aux interpoquets.

En 1985

L'arrêt précoce des pluies dans la deuxième décade du mois de septembre a joué négativement sur les rendements du mil. Quant au maïs, il a souffert plus de l'excès que du manque d'eau (Tableau 3). La densité de peuplement était relativement faible sur les

Tableau 1. Rendements en kg/ha des tests d'association maïs/mil, OMDI, 1984.

Sites	Pratique des interlignes					Pratique des interpoquets				
	Maïs pur	Maïs associé	Mil pur	Mil associé	LER*	Maïs pur	Maïs associé	Mil pur	Mil associé	LER
Touban	2087	1892	483	161	1,24	2087	2176	483	115	1,28
Zegoua	2486	1554	743	426	1,20	2486	1462	743	634	1,52
Lofigué	699	690	404	150	1,36	699	838	404	275	1,88
Nantoumana	1560	1246	1047	473	1,25	1560	446	1047	481	0,75
Klela 3	1922	983	833	294	0,86	1922	896	833	437	0,99
Nagnassoni	1562	1948	666	708	1,82	2562	1044	666	892	1,75
Karangasso	1051	965	1866	614	1,25	1051	731	1866	644	1,04
N'Tjibala	2212	1352	1224	399	0,94	2212	1610	1224	887	1,45
Tiola	1065	996	892	829	1,86	1065	1075	892	1231	2,39
Kafogila	1344	1590	496	341	1,87	1344	919	495	383	1,46
Tamba	2160	2203	2472	1687	1,69	2186	2147	2472	1099	1,43
Kourouma**	910	1040	1034	1040	2,15	910	607	1034	2277	2,87
Djelé**	1144	2280	956	392	2,40	1144	222	956	628	0,85
Tiebé	861	993	1704	841	1,65	861	648	1704	475	1,03
Moyenne	1578	1409	1509	597	1,54	1578	1059	1059	751	1,48

* LER = Land equivalent ratio ou rapport de surface équivalente

** Les sites de Kourouma et Djelé ont évolué dans des conditions pluviométriques et édaphiques particulièrement favorables expliquant la spécificité de leur LER.

Tableau 2. Comparaison des rendements des cultures pures et associées et des cultures associées en interlignes et en interpoquets, CMDT, 1984.

Sites	Association interlignes		Association interpoquets		Association interlignes	Association interpoquets
	$\frac{T1 + T2}{2}$	T3	$\frac{T1 + T2}{2}$	T4		
Touban	1285	2053	1285	2291	2053	2291
Zegoua	1615	1980	1615	2156	1980	2156
Lofigué	2206	840	2206	1113	840	1113
Nantoumana	1304	1719	1304	927	1719	927
Klela	1378	1277	1378	1333	1277	1333
Nagnassoni	1614	2656	1614	1936	2656	1936
Karanguasso	833	1579	833	1375	1579	1375
N'Tjibala	1718	1751	2718	2781	2497	2497
Tiola	978	1825	979	2306	1825	2306
Kafogila	920	1931	920	1302	1931	1302
Tamba	2329	2203	2329	3246	2203	3246
Kourouma	972	2080	972	2884	2080	2884
Djelé	1050	2672	1050	850	2672	850
Tiebé	1283	1834	1283	1123	1834	1123
Moyenne	1392	1886	1392	1810	1886	1810
T (0,05)	5		NS		NS	
CV (%)	11		13		-	

T1 = maïs pur

T2 = mil pur

T3 = maïs + mil (association interlignes)

T4 = mil + maïs (association interpoquets)

Tableau 3. Rendements en kg/ha des tests d'association maïs/mil, CMT, 1985.

Sites	Pratique des interlignes					Pratique des interpoquets				
	Maïs pur	Maïs associé	Mil pur	Mil associé	LER*	Maïs pur	Maïs associé	Mil pur	Mil associé	LER
Kourouma	3840	4271	1971	276	1,25	3840	2880	1971	668	1,34
Dielé	1224	887	1327	352	0,99	1224	981	1327	573	1,23
Tiebé	1216	1296	1084	416	1,45	1216	1141	1084	324	1,25
Klela 3	1552	1112	1088	1000	1,64	1552	968	1088	560	1,13
Magnassoni	3112	2616	650	230	1,19	3112	1951	650	350	1,17
Tamba	1024	393	1958	1228	1,01	1024	115	1958	248	0,24
Kafougera	1847	3224	900	532	2,34	1847	1575	900	873	1,82
Fantarasso	3277	2826	973	470	1,34	3277	2584	973	570	1,38
Djomatene	4543	4909	892	537	1,68	4543	3301	892	720	1,54
Nianfingolodo	2354	1647	1008	479	1,18	2354	1119	1008	669	1,14
Maribougou	1565	2168	608	472	2,17	1565	1400	608	312	1,40
Tialla	999	1891	834	151	1,98	999	1445	834	271	1,77
Tiorona	1832	2086	1070	502	1,61	1832	1145	1070	878	1,45
Falaba	1799	1336	1142	556	1,23	1799	1246	1142	527	1,15
Bohi	2011	1790	935	437	1,36	2011	1278	935	244	0,90
Yanfolila	2173	2761	1595	260	1,43	2173	2267	1595	266	1,21
Moyenne	2148	2201	1127	494	1,49	2148	1587	1127	504	1,26

parcelles pour les deux cultures.

A travers ces résultats, nous remarquons un avantage de la méthode des interlignes sur celle des interpoquets. Ce qui est confirmé par l'analyse statistique faite sur les deux types d'association, laquelle montre une différence hautement significative entre les deux pratiques en faveur de celle des interlignes avec un coefficient de variation de 6% (Tableau 4).

En 1986

Au terme de cette campagne, les résultats obtenus ont confirmé ceux de 1984 et 1985. Une fois de plus, l'association par interlignes s'est distinguée de celle des interpoquets. Cette supériorité se dégage des résultats des maïs associés comparés entre eux, des mils associés comparés entre eux, aussi bien que des deux systèmes d'association comparés entre eux. Mais, malgré cette supériorité, le test de "t" appliqué aux résultats n'a pas montré de différence significative (Tableau 5).

La même année, pour la première fois à l'Opération haute vallée (OHV), le thème a été testé. Au terme de cette première année de test, aucune conclusion fiable n'a pu être tirée à cause de nombreux problèmes accusés pendant la campagne (ensablement, forte infestation du striga, mauvaise densité, mauvaise répartition des pluies, etc.).

Ainsi, une reconduction du même thème s'impose les années à venir pour déterminer l'efficacité des deux systèmes de culture (association interlignes et méthode du paysan) dans la zone de l'OHV.

Conclusions et suggestions sur le thème association maïs/mil

Au terme de trois années de test sur le thème en question, les conclusions tirées se résument comme suit:

- Le rendement du maïs est supérieur à celui du mil dans les systèmes de cultures utilisés;
- L'association maïs/mil avec semis en lignes alternées est plus appréciée par les paysans;
- L'association maïs/mil avec semis en lignes alternées engendre plus de difficultés d'entretien mécanique que les semis en poquets alternés;
- L'association maïs/mil est plus sécurisante que la culture pure pour les paysans en années de pluviométrie déficitaire;
- L'association maïs/mil engendre une augmentation de rendement de l'ordre de 49 à 54% (association interlignes) et de 26 à 48% (association interpoquets), par rapport à la culture pure de maïs et de mil.

Tableau 4. Comparaison des rendements des cultures pures et associées et des cultures associées en interlignes et en interpoquets, CMDT, 1985.

Sites	Association interlignes		Association interpoquets		Associations		Pluviométrie semis-récolte (mm)
	<u>T1 + T2</u> 2	T3	<u>T1 + T2</u> 2	T4	interlignes	interpoquets	
Kourouma	2906	4547	2906	3548	4547	3548	667
Dielé	1276	1239	1276	1554	1239	1554	649
Tiebé	1150	1712	1150	1475	1712	1475	460
Klela 3	1320	2112	1320	1528	2112	1528	788
Magnassoni	1881	2846	1881	2301	2846	2301	741
Tamba	1491	1621	1491	363	1621	363	945
Kafouzera	1374	3756	1374	2448	3756	2448	763
Fantarasso	2125	3296	2125	3154	3296	3154	857
Djomatene	2718	5446	2718	4021	5446	4021	673
Nianfingolodo	1681	2126	1681	1788	2126	1788	726
Maribougou	1087	2640	1087	1712	2640	1712	793
Tialla	917	2042	917	1716	2042	1716	715
Tiorona	1451	2588	1451	2023	2588	2023	404
Falaba	1471	1892	1471	1773	1892	1773	409
Bohi	1473	2227	1473	1522	2227	1522	551
Yanfolila	1884	3021	1884	2533	3021	2533	536
Moyenne	1638	2695	1638	2091	2695	2091	667
Différence	1057		453		604		
T (1%, 5%)	HS		HS		HS		
CV (%)	4		8		6		

Tableau 5. Rendement en kg/ha et densité à l'hectare des tests associations maïs/mil, CMOI, 1986.

Sites	Rendements kg/ha						Densité à l'hectare						Pluviométrie semis-récolte (mm)
	Maïs associé			Mil associé			Maïs associé			Mil associé			
	Association interlignes	Association interpoquets	Association interlignes	Association interpoquets	Association interlignes	Association interpoquets	Association interlignes	Association interpoquets	Association interlignes	Association interpoquets	Association interlignes	Association interpoquets	
Nabasso	2666	2258	239	179	40 413	36 600	31 500	29 991	531				
Dougouolo 2	1128	1116	1397	1288	47 275	40 921	27 500	21 604	552				
Sousoula	1466	1896	578	309	36 092	41 429	26 500	29 738	613				
Songacoura	2340	2416	592	925	48 800	48 038	35 500	37 617	644				
Bongosso 3	2666	2128	309	189	37 108	36 854	11 250	7 500	562				
Daelan	1220	1316	137	167	32 025	33 042	3 750	3 304	440				
M'Pogon	1860	1567	438	489	47 783	37 108	15 500	13 217	666				
Siguemona	1220	1168	1298	1163	44 225	43 208	20 250	18 046	594				
Baramba	2501	1877	448	639	37 817	36 854	15 250	13 250	636				
Moyenne	1896	1749	604	594	41 282	39 339	20 778	19 363	582				
T (0,5)		NS		NS		NS		NS					
CV (%)		26		-		26		22					

Comme suggestions, des recherches complémentaires doivent être menées pour faciliter l'entretien mécanique de l'association en interlignes de maïs et de mil. Une méthode adéquate de fertilisation doit être recherchée pour permettre aux deux cultures de bénéficier pleinement des engrais. A présent, l'engrais n'est apporté qu'au maïs, considéré comme la culture principale alors que les deux cultures devraient en bénéficier.

Association mil/niébé

En 1986, sept tests ont été conduits dans la zone de la Direction régionale de l'agriculture de Ségou. Les tests ont porté sur deux systèmes d'association: amélioré, deux lignes de mil pour une ligne de niébé; et la méthode du paysan.

L'analyse des résultats obtenus (Tableau 6) par le "t" a montré une différence non significative entre les rendements de mil dans les deux systèmes d'association et une différence hautement significative entre ceux du niébé dans les systèmes traditionnel et amélioré avec un coefficient de variation de 15%.

Au terme d'une étude économique menée sur les résultats obtenus, il apparaît statistiquement que la différence entre les revenus nets des méthodes paysannes et améliorées est non significative (Tableau 7).

Conclusions et suggestions sur les associations mil/niébé

Au regard des propos recueillis ça et là auprès des paysans et suite aux résultats obtenus, on note que les écartements de semis du mil 0,75 m x 0,50 m sont très étroits et, par conséquent, ne permettent pas le plein épanouissement des deux cultures. Aussi, le semis du niébé quinze jours après celui du mil, semble être préjudiciable au bon développement végétatif du niébé qui se voit étouffé depuis le stade jeune plante. A cela, il faut ajouter les difficultés d'exécution des entretiens mécaniques et des traitements phytosanitaires sur le niébé sans lesquels toute récolte s'avère incertaine à cause des multiples dégâts d'insectes et parasites de toutes natures.

Les suggestions des paysans se résument à la réduction des densités mil et niébé, au semis à la même date des deux spéculations et au choix judicieux des variétés en tenant compte de certaines rigueurs de l'association.

Face à ces problèmes, la nécessité s'impose de revoir le système d'association mil/niébé dans sa conception actuelle, en vue d'aboutir à des résultats plus satisfaisants.

Tableau 6. Rendements en kg/ha et densité à l'hectare des tests d'association mil/niébé, DRA-Ségou, 1986.

Sites	Rendements kg/ha										Densité à l'hectare				Pluviométrie semis-récolte (mm)		
	Mil associé				Niébé associé				Mil associé				Niébé associé				
	gousses		grains		gousses		grains		T1		T2		T1			T2	
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2		T1	T2
	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2	T1	T2		T1	T2
Markala Monimpé	763	563	6	7	5	5	5	5	15313	53896	1225	21067	261				
Sarro	896	521	106	67	42	21	21	21	47921	51458	7579	22400	378				
Pogo	921	796	364	0	167	0	0	0	25625	60317	11350	7147	441				
Bangou	1514	1795	218	183	115	110	110	110	30960	44417	3360	18400	386				
Koungodian	2974	2244	375	38	179	17	17	17	27249	47563	5288	16547	475				
Niarro	690	823	0	0	0	0	0	0	16425	36833	2925	9467	248				
Farako	912	1561	417	117	275	75	75	75	27249	38458	5288	20800	364				
Moyenne	1233	1186	212	59	112	33	33	33	27249	47563	5288	16547	365				
T (0,05)	NS			HS		NS				S		HS					
CV (%)	-			15		16			10		10						

T1 = association à l'initiative du paysan

T2 = association proposée par la recherche

NS = non significatif

HS = hautement significatif

S = significatif

Tableau 7. Comparaison des revenus nets en fane F/CFA enregistrés dans les deux systèmes d'association mil/niébé, DRA-Ségou, 1986.

Sites	Méthode du paysan I I					Méthode améliorée I 2				
	PB	CP	MB	ME	RN	PB	CP	MB	ME	RN
Markala Monimpé	36960	20750	14210	15000	-790	25960	20750	5210	17290	-12080
Sarro	45570	20750	24820	17190	7630	26070	20750	5320	35940	-30620
Pogo	62320	20750	41570	10415	31155	35820	20750	15070	10415	4655
Bangou	82505	20750	61755	24790	36965	94525	20750	73775	24790	48985
Koungodian	156205	20750	135455	52300	82955	103105	20750	82355	37500	44855
Niarro	31050	20750	10300	16670	-6370	37035	20750	16285	16670	-385
Farako	75415	20750	54665	23430	31235	79620	20750	58870	23430	35440
Moyenne	69718	20750	48968	22856	26112	57448	20750	36698	23719	12979

PB = Produit brut (valeur de la production totale/ha)

CP = Charges proportionnelles (coût des engrais utilisés/ha)

MB = Marge brute (PB - CP)

ME = Main-d'oeuvre (pour l'ensemble de tous les travaux effectués)

RN = Revenu net en F/CFA/ha

Le test de "t" est non significatif entre les revenus nets des deux systèmes d'association.

BIBLIOGRAPHIE

DRA-DRSPR 1985. Séminaire atelier sur la culture associée maïs/mil. Synthèse des travaux. Bibliothèque de la SRCVO, Sotuba, Bamako, Mali.

SAFGRAD 1984. Rapport de la campagne 1983. Bibliothèque de la SRCVO, Sotuba, Bamako, Mali.

SAFGRAD 1985. Comité national de la recherche agronomique 1985. Synthèse des rapports de la campagne 1984-85 et 1985-86. Bibliothèque de la SRCVO, Sotuba, Bamako, Mali.

SAFGRAD 1986. Rapport de la campagne 1985. Bibliothèque de la SRCVO, Sotuba, Bamako, Mali.

SAFGRAD 1987. Rapport de la campagne 1986. Bibliothèque de la SRCVO, Sotuba, Bamako, Mali.

Serafini P.G. et al. 1982. Bilan de cinq années de recherche sur les cultures associées. Rapport de synthèse. Bibliothèque de la SRCVO, Sotuba, Bamako, Mali.

The first part of the report discusses the background of the project.

The second part of the report discusses the methodology used.

The third part of the report discusses the results of the study.

The fourth part of the report discusses the conclusions of the study.

The fifth part of the report discusses the implications of the study.

The sixth part of the report discusses the limitations of the study.

The seventh part of the report discusses the future research.

The eighth part of the report discusses the acknowledgments.

The ninth part of the report discusses the references.

The tenth part of the report discusses the appendices.

The eleventh part of the report discusses the glossary.

The twelfth part of the report discusses the index.

The thirteenth part of the report discusses the bibliography.

The fourteenth part of the report discusses the list of figures.

The fifteenth part of the report discusses the list of tables.

The sixteenth part of the report discusses the list of abbreviations.

The seventeenth part of the report discusses the list of symbols.

The eighteenth part of the report discusses the list of equations.

The nineteenth part of the report discusses the list of formulas.

The twentieth part of the report discusses the list of diagrams.

The twenty-first part of the report discusses the list of charts.

The twenty-second part of the report discusses the list of graphs.

The twenty-third part of the report discusses the list of plots.

The twenty-fourth part of the report discusses the list of maps.

The twenty-fifth part of the report discusses the list of photographs.

The twenty-sixth part of the report discusses the list of illustrations.

The twenty-seventh part of the report discusses the list of figures.

The twenty-eighth part of the report discusses the list of tables.

The twenty-ninth part of the report discusses the list of abbreviations.

The thirtieth part of the report discusses the list of symbols.

The thirty-first part of the report discusses the list of equations.

The thirty-second part of the report discusses the list of formulas.

The thirty-third part of the report discusses the list of diagrams.

The thirty-fourth part of the report discusses the list of charts.

The thirty-fifth part of the report discusses the list of graphs.

The thirty-sixth part of the report discusses the list of plots.

The thirty-seventh part of the report discusses the list of maps.

The thirty-eighth part of the report discusses the list of photographs.

The thirty-ninth part of the report discusses the list of illustrations.

The fortieth part of the report discusses the list of figures.

The forty-first part of the report discusses the list of tables.

The forty-second part of the report discusses the list of abbreviations.

The forty-third part of the report discusses the list of symbols.

The forty-fourth part of the report discusses the list of equations.

The forty-fifth part of the report discusses the list of formulas.

PERSPECTIVE DE L'ASSOCIATION CULTRALE EN ZONE CMDT

Abdoulaye B. Dolo

Chef de Projet Maïs, Compagnie malienne de
développement des textiles (CMDT)

INTRODUCTION

L'association des cultures et plus précisément l'association maïs/mil est la forme la plus pratiquée en zone CMDT. C'est une forme traditionnelle pratiquée depuis longtemps par les paysans. L'importance varie d'une zone à l'autre.

Grâce aux efforts de vulgarisation, la culture pure du maïs s'est beaucoup intensifiée dans la zone (53 496 ha, dont 33 955 en pure). Les conditions climatiques très défavorables de ces dernières années (apparition des maladies, sécheresse) ont montré le risque de poursuivre l'intensification de cette seule forme de culture.

Malgré les meilleurs résultats obtenus en culture pure du maïs, les paysans ont tendance à revenir sur l'association maïs/mil pour palier les risques liés aux aléas climatiques.

Il s'agit maintenant d'aider le paysan et d'améliorer toutes les formes de cultures pratiquées. Pour l'instant, cette étude s'avère indispensable pour l'avenir même de l'agriculture.

CONSIDERATIONS GENERALES

Les formes les plus répandues sont les associations céréales/céréales et céréales/légumineuses. La façon de semer les deux espèces est très variable d'une zone à l'autre.

Nous distinguons: l'association maïs/mil avec:

- Semis du maïs avec alternance des lignes maïs et mil;
- Semis du maïs avec le semis du mil en interpoquets;
- Semis des deux espèces sans ordre précis sur des buttes.

Nous distinguons également soit le semis simultané des deux espèces, soit un décalage du semis du mil par rapport au maïs.

Dans cette zone, le repiquage du mil est beaucoup pratiqué, soit pour remplacer les poquets perdus, soit en cas d'aléas climatiques en début du cycle. Tout cela a pour objectif de:

- Minimiser les aléas climatiques (climat et pathologie);

- Augmenter la production par le cumul des deux espèces;
- Profiter des dernières pluies;
- Produire deux cultures ou plus en même temps.

Le niveau d'intensification de l'association est toujours faible et les pratiques traditionnelles demeurent la seule solution à ce problème.

PERSPECTIVE D'INTENSIFICATION

L'intensification d'une association ne veut pas dire d'emblée apport systématique des engrais; mais un ensemble de facteurs. On doit considérer les interactions des espèces à associer, le choix variétal, les techniques culturales appliquées, les densités respectives des deux espèces, la distribution dans l'espace et le décalage de semis des deux espèces conditionnent fortement le degré de compétition des plantes.

Les formes de cultures associées sont complexes. La modification de certains facteurs peut amener des changements dans le comportement global de l'association.

Des études menées ces trois dernières années par la recherche d'accompagnement de la CMDT nous donnent l'espoir sur certains facteurs dans le cadre de l'association maïs/mil:

- Le maintien de la densité du maïs à un niveau supérieur, par rapport à celui observé chez les paysans (41 700 plants/ha);
- Le maintien de la fertilisation minérale apportées en culture pure (fumure vulgarisée);
- Le maintien des deux facteurs justifie la contribution du maïs dans le rendement cumulé pour une association maïs/mil;
- Pour les différentes zones écologiques, l'aspect variétal influe beaucoup sur l'association. Tous les facteurs de production doivent être fixés pour la promotion de cette forme de culture.

Quelques résultats obtenus en milieu paysan

Les résultats obtenus jusqu'à présent confirment l'intérêt de maintenir une densité assez élevée en association, et la même fertilisation appliquée en culture pure du maïs. La date de semis du mil 15 JAS (stage 3-4 feuilles) du maïs se confirme également (Tableau 1).

ORIENTATIONS FUTURES

Dans une stratégie de sécurisation de la production agricole, le

Tableau 1. Résultats des essais conduits en milieu paysan sur l'association maïs/mil, rendement kg/ha, zone CMDT, 1986.

Cultures	Koumantou ¹			Mpassoba ²			Karandasso ³			Zebala ⁴		
	Maïs	Mil	Cumul	Maïs	Mil	Cumul	Maïs	Mil	Cumul	Maïs	Mil	Cumul
Maïs pur	4315	-	4315	4891	-	4891	3959	-	3959	4116	-	4116
Mil pur	-	-	-	-	1355	1355	-	922	922	-	1811	1811
Maïs/mil 15 JAS	4493	-	4493	4243	-	4243	3713	-	3713	2930	781	3711
Maïs/mil 20 JAS	4409	-	4409	4643	-	4643	4258	-	4258	3228	341	3569
Maïs/mil 30 JAS	4809	-	4809	4764	-	4764	4679	-	4679	3204	-	3204
Moyenne	4507	-	4507	4633	-	4633	4152	-	4152	3370	978	3282
Test F	NS		NS	S		S	NS		NS	HS	HS	HS
CV (%)	12,2		12,2	7,2		7,2	18,2		18,2	13,2	22,1	13,0
LSD Dunnet (5%)	652		652	399		399	897		897	528	253	515
Cultures	Sougoula			Beleco ⁵			Kintiri ⁶			Molobala ⁷		
	Maïs	Mil	Cumul	Maïs	Mil	Cumul	Maïs	Mil	Cumul	Maïs	Mil	Cumul
Maïs pur	4024	-	4024	2774	-	2774	1980	-	1980	2059	-	2059
Mil pur	-	2942	2942	-	1317	1317	-	1638	1638	-	1697	1697
Maïs/mil 15 JAS	3487	566	4053	2523	1318	3841	1922	1173	3095	1823	368	2191
Maïs/mil 20 JAS	3384	192	3577	3119	292	3411	2099	690	2789	1374	371	1745
Maïs/mil 30 JAS	3535	93	3628	2981	-	2981	1836	528	2364	2445	-	2445
Moyenne	3607	948	3645	2849	974	2865	1936	1007	2355	1925	812	2027
Test F	S	HS	HS	HS	HS	HS	NS	HS	HS	HS	HS	HS
CV (%)	8,5	28,5	9,7	11,3	20,2	9,6	31,0	32,0	16,4	16,3	18,8	13,7
LSD Dunnet (5%)	361	324	418	383	222	331	770	425	541	372	178	336
Cultures	Tominian-fion ⁸			Kimparana ⁹			Tominian-Socoura ¹⁰			Kolondicha ¹¹		
	Maïs	Mil	Cumul	Maïs	Mil	Cumul	Maïs	Mil	Cumul	Maïs	Mil	Cumul
Maïs pur	1818	-	1818	2025	-	2025	1444	-	1444	1883	-	1883
Mil pur	-	1086	1086	-	1878	1878	-	2353	2353	-	-	-
Maïs/mil 15 JAS	1266	662	1929	1188	765	1954	706	1611	2318	1477	-	1477
Maïs/mil 20 JAS	1624	-	1624	1629	455	2105	707	1058	1765	1603	-	1603
Maïs/mil 30 JAS	1735	-	1735	1706	-	1706	1142	-	1142	1350	-	1350
Moyenne	1611	874	1638	1637	1033	1934	992	1674	1798	1578	-	1578
Test F	NS	HS	NS	HS	HS	NS	HS	HS	HS	HS	HS	HS
CV (%)	23,7	27,1	29,2	31,3	37,7	26,1	25,4	10,1	13,9	15,0	-	15,0
LSD Dunnet (5%)	452	232	576	608	456	609	298	199	300	283	-	283

1. Présence Striga + sécheresse.
2. Mil associé, étouffé par le maïs.
3. Mil étouffé.
4. Quand le décalage devient important, le mil est étouffé par le maïs.
5. Densité faible du maïs.
6. Terrain hétérogène, stagnation d'eau.
7. Semis tardif, arrêt précoce des pluies.
8. Manque d'eau pour le mil.
9. Semis tardif du maïs.
10. Arrêt précoce des pluies pour le maïs.
11. Striga.

maintien et l'intensification des formes de cultures associées sont indéniables. La recherche doit mettre en oeuvre l'étude de toutes les interactions pour une proposition concrète à la vulgarisation.

Pour l'association maïs/mil, beaucoup pratiquée en zone CMDT, la date de semis du mil (au stade 3-4 feuilles, 15 JAS du maïs) n'est plus discutable. Mais, cette pratique met mal à l'aise certains exploitants pratiquant la culture attelée (entretien mécanique). Il est impératif de trouver d'autres formes d'association pour palier à ce goulot d'étranglement rencontré le plus souvent au sud de la zone. Il s'agit de l'étude de repiquage du mil sous le maïs après différents stades végétatifs du maïs.

Dans le cadre de la diversification et de l'harmonisation des cultures dans l'exploitation, nous souhaitons une réflexion sur l'introduction des nouvelles spéculations (soja, sésame, arachide de bouche) dans les systèmes de cultures associées. Dans le domaine de l'agriculture, le paysan a été toujours un chercheur, et généralement il trouve une solution face à un problème donné. Mais, il doit être aidé dans toutes les actions de l'intensification par les structures de recherche.

Nous souhaitons que les recommandations de ce séminaire seront le prélude d'un système de recherche sur les cultures associées appropriées pour le développement des cultures vulgarisées et celles en voie de vulgarisation.

RECOMMANDATIONS ET CLOTURE

**RECOMMANDATIONS DE L'ATELIER SEMINAIRE SUR
LES CULTURES ASSOCIEES AU MALI**

Bamako, 15-17 septembre 1987

1). RECOMMANDATION RELATIVE AU RENFORCEMENT DE L'APPROCHE MULTI-DISCIPLINAIRE DANS LA RECHERCHE SUR LES SYSTEMES DE CULTURES ASSOCIEES

- Considérant la complexité des problèmes agro-sylvo-pastoraux et les potentialités réelles des systèmes de cultures associées dans leur résolution,

Le Séminaire recommande:

- Le renforcement de l'approche multidisciplinaire pour une meilleure conception et une coordination plus adéquate des programmes de recherche sur les systèmes de cultures associées.

2). RECOMMANDATION RELATIVE A L'AMELIORATION DES FACTEURS TECHNIQUES DE PRODUCTION

- Considérant la nécessité de la mise au point d'ensembles cohérents de techniques en vue d'une exploitation rationnelle des potentialités de l'association des cultures;

- Considérant les résultats déjà acquis dans ce domaine, le Séminaire encourage la poursuite des recherches sur l'optimisation des dates, densités, modes et arrangements de semis,

Recommande:

1) - L'intensification des recherches sur la mise au point des formules adéquates de fertilisation des cultures associées;

2) - La mise en place d'un volet de recherche sur la mécanisation des cultures associées;

3) - La détermination des besoins en eau des associations culturales.

3). RECOMMANDATION RELATIVE A LA RECHERCHE DE MATERIEL VEGETAL PLUS ADAPTE AUX SYSTEMES DE CULTURES ASSOCIEES

- Considérant la diversité des zones agro-pédoclimatiques et des systèmes de production;

- Considérant la nécessité d'une adaptation du matériel végétal à l'écologie d'utilisation,

Le Séminaire recommande:

- 1) - La prise en compte des critères d'adaptabilité du matériel végétal à l'association par les sélectionneurs;
- 2) - La diversification du matériel végétal, tant par l'introduction de nouvelles espèces que par l'amélioration variétale, et l'évaluation des obtentions dans les associations de cultures prédominantes.

4). RECOMMANDATION RELATIVE A L'EVALUATION ET LE CONTROLE DES DEPREDATEURS DES CULTURES ASSOCIEES

- Considérant l'influence des systèmes de culture sur la population des prédateurs;
- Considérant les résultats encourageants obtenus sur le contrôle du Striga par l'association mil/arachide,

Le Séminaire recommande:

- 1) - L'évaluation de l'incidence des maladies, insectes et mauvaises herbes dans les différents systèmes de cultures;
- 2) - La poursuite des recherches sur les méthodes de lutte appropriées.

5). RECOMMANDATION RELATIVE A L'INTENSIFICATION DES ETUDES SOCIO-ECONOMIQUES

- Considérant que les conditions socio-économiques des paysans sont déterminantes dans l'acceptabilité des technologies nouvelles,

Le Séminaire recommande:

- L'intensification des études socio-économiques dans les différentes zones, en vue d'adapter les programmes de recherche aux besoins des paysans afin de mieux garantir l'adoption de ces ensembles de technologies.

6). RECOMMANDATION RELATIVE AUX TECHNIQUES CULTURALES

- Considérant l'importance des cultures associées au Mali,
- Considérant les acquis de la recherche dans ce domaine,

Le Séminaire recommande:

- L'élaboration et la diffusion rapide des fiches techniques pour les différents systèmes de cultures associées.

7). RECOMMANDATION RELATIVE A LA RECHERCHE EN MILIEU PAYSAN

- Considérant la multiplicité des types d'association et la politique de la diversification des cultures,

Le Séminaire souhaite que:

- Les travaux d'inventaire complets et détaillés amorcés au niveau de l'opération "Haute Vallée" s'étendent à d'autres zones.

Le Séminaire

DISCOURS DE CLOTURE

M. Mamadou FATOGOMA Traoré

Directeur de l'Institut d'économie rurale (IER)

- **Monsieur le Représentant du Directeur de l'US-AID,**
- **Monsieur le Représentant du Directeur de l'Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (ICRISAT),**
- **Mesdames, Messieurs les Séminaristes,**
- **Honorables Invités.**

Nous voici, après trois jours de réflexions profondes et constructives à la fin des travaux du Séminaire-atelier sur les "cultures associées au Mali".

Je dois me réjouir et vous féliciter pour le sérieux avec lequel vous avez traité le thème et conduit vos travaux.

Mon souhait est que les conclusions auxquelles vous avez abouti au terme de votre séminaire puissent constituer un aide-mémoire pour les programmes futurs sur les cultures associées.

Lors de l'ouverture des travaux de votre séminaire, j'avais émis le vœu que cet atelier puisse servir de cadre à la définition de politiques réalistes en matière de cultures associées, politiques pouvant permettre une amélioration du niveau de notre production agricole par une meilleure connaissance des cultures associées et leur utilisation judicieuse par le développement.

Mesdames, Messieurs les Séminaristes,

En faisant le bilan des résultats de recherches sur les cultures associées au Mali et de l'expérience de l'ICRISAT en la matière dans la sous-région, vous vous êtes rendus compte que beaucoup de connaissances restent des acquis fondamentaux pour l'avenir:

- qu'il s'agisse des dates et des densités de semis des cultures en association;

- qu'il s'agisse des variétés de certaines espèces connues intéressantes pour les associations;

- qu'il s'agisse de la connaissance de certains paramètres agropédo-climatiques pour la détermination de zonages homogènes pour la pratique des cultures associées;

- qu'il s'agisse des possibilités d'une meilleure exploitation de l'association des cultures au profit des paysans;

les solutions proposées à tous ces problèmes retiennent notre attention.

Il est en effet plus que jamais nécessaire que l'exploitation des cultures associées se fasse de la manière la plus rationnelle possible, afin de rémunérer au mieux le travail des paysans.

Mesdames, Messieurs les Séminaristes,

Vous préconisez d'orienter les recherches en vue de la maximisation de la productivité de l'association.

Vous devez, en matière d'agronomie chercher à déterminer les fumures indispensables et à valoriser les cultures améliorantes du niveau de la fertilité des sols afin d'ajuster les fertilisations des associations.

La mécanisation dans l'exploitation des cultures associées a été jusqu'ici peu prise en compte. Aussi, cet aspect mérite d'être retenu dans vos programmes futurs de recherche.

En amélioration variétale, vos recherches devront permettre de mettre un peu plus l'accent sur les caractéristiques convenables pour l'association en essayant de diversifier les types d'architecture des plantes.

Vous avez insisté sur la nécessité de développer les recherches en protection des végétaux dans des systèmes de cultures associées en parfaite intégration avec celles d'autres programmes.

Les essais à mener en milieu paysan dans le cadre de l'association devront être moins complexes et plus réalistes. A cet égard, les études socio-économiques comme vous le préconisez sont indispensables. Vous n'avez pas perdu de vue la rentabilisation de tout investissement à réaliser au niveau des exploitations paysannes.

Mesdames, Messieurs les Séminaristes,

Au cours de vos débats, vous êtes restés pleinement conscients de l'effort qu'il faudrait fournir pour renforcer la liaison entre la recherche et la vulgarisation en vue:

- d'accroître l'utilisation sur le terrain des résultats de la recherche, et

- d'assurer une meilleure adéquation des opérations de recherche par rapport aux besoins.

Il est évident qu'une étroite liaison entre la recherche et la vulgarisation ne portera de fruits qu'avec une participation consciente et une responsabilisation des paysans eux-mêmes.

Mesdames, Messieurs,

Je ne saurais terminer, sans vous demander de me permettre de

féliciter et de remercier les promoteurs et les organisateurs de cette rencontre pour cette heureuse initiative qui vous a permis de vous réunir et de travailler ensemble dans le cadre de ce séminaire. Cette initiative sans nul doute constitue une contribution décisive à l'effort que la recherche agronomique a entrepris pour mener les populations à l'autosuffisance alimentaire.

Je souhaite à nos honorables invités bon retour dans leurs foyers respectifs et déclare clos, les travaux du séminaire sur les cultures associées au Mali.

Je vous remercie.

Bamako, 17 septembre 1987.

ANNEXE

SYNTHÈSE DES DISCUSSIONS

Baladji Keita

Ingénieur des sciences appliquées, ICRISAT/Mali

Au cours de ce séminaire, certains points très importants ont été évoqués à l'issue des débats sur l'aspect pluridisciplinaire des cultures associées.

Recherche en station

Agronomie

Dans l'association maïs/mil, il a été question de considérer les deux cultures comme étant d'importance égale, et d'évaluer une fertilisation adéquate du système. Les recherches futures en ce domaine doivent désormais tenir compte de ce point de vue.

L'association des cultures permet-elle de pallier la sécheresse? Cela dépend en grande partie des espèces associées, qui peuvent optimiser les ressources en eau du sol. Cette étude doit être menée en collaboration par les physiologistes et les agronomes, en vue de minimiser les effets de la sécheresse.

Il a été reconnu que les rendements des variétés améliorées de sorgho varient suivant qu'elles sont en culture pure ou en culture associée, tandis que les rendements des variétés locales ne varient presque pas.

Le système agro-pastoral n'est pas encore pris en considération, la collaboration avec les structures concernées (INRZFM) permettra de définir les objectifs des recherches à entreprendre dans ce domaine.

Il a été démontré que les sols ont un déficit chronique en cations (K, Ca et Mg). Ce problème peut être partiellement résolu par la restitution intégrale des résidus de récolte. Pour que cette restitution devienne une réalité au niveau des exploitations et des opérations de développement, deux voies peuvent être recommandées: l'utilisation des résidus de récolte dans les parcs d'hivernage comme litières et dans les fosses compostières pour la production de compost en saison sèche. Cela réduirait le coût des intrants, aussi bien en culture associée qu'en culture pure.

Il est important de mesurer périodiquement au cours de la période végétative les quantités des éléments N, P et K prélevés par les différentes cultures sèches, afin de situer les périodes où la demande de chaque espèce est la plus élevée pour que l'on puisse harmoniser le comportement des espèces en association, en manipulant les cycles et les dates de semis de ces différentes espèces. Ces mesures de besoin en éléments N, P et K suivant les stades du développement des espèces cultivées sont possibles et

les informations relatives à ces études sont disponibles dans la bibliographie. Leur connaissance pourrait sans doute être d'une grande utilité dans la conception du système de fertilisation en cultures associées.

Une formule de fertilisation optimale pour l'association maïs/mil est en cours d'étude; l'engrais phosphaté est apporté uniformément dans toute la parcelle avant l'installation de cultures. Quant à l'azote, les études portent sur les doses, le fractionnement et le placement pour la productivité optimale du système. La possibilité de quantifier la fixation de l'azote par la légumineuse pourrait contribuer à orienter la conception de la fertilisation en cultures associées.

Amélioration variétale

Il reste beaucoup à faire dans la sélection des variétés de niébé profitables pour les associations. Le programme de sélection du niébé prendra désormais en compte le criblage des variétés pour leur comportement dans les systèmes d'association culturale. Dans le même sens d'idée, l'identification des variétés de maïs appropriées aux associations sera prise en compte par les sélectionneurs.

Quant à l'amélioration des mils et sorghos, elle tient compte de plusieurs aspects: résistance à la sécheresse, au Striga, aux maladies et aux insectes, caractères morphologiques et cycles différents mieux adaptés aux associations de cultures. La nécessité d'une régionalisation s'impose, car dans le cadre de la diffusion des variétés photosensibles on doit tenir compte des disparités agro-écologiques; quant aux variétés non photosensibles, c'est le problème de déprédation et de conditionnement qui se pose. On doit chercher à améliorer le système d'association comme un tout, mais il est difficile pour le sélectionneur d'opter pour un système de culture. Il faut des tests d'évaluation pour mieux cerner quel système est adapté à une zone écologique donnée. C'est alors dans ce cadre qu'il serait facile d'évaluer la part du cycle dans l'amélioration de la productivité.

Dans le cadre de l'agrophysiologie, l'effet d'ombrage de la céréale peut être bénéfique pour la légumineuse qui évite ainsi une surchauffe et une perte excessive d'eau par transpiration. En revanche, la légumineuse peut fixer de l'azote au profit de la céréale. La nécessité d'une collaboration agrophysiologie, agronomie et amélioration variétale dans le domaine des associations céréale/légumineuse est importante pour les recherches futures.

D'une manière générale, contrairement aux agronomes, certains sélectionneurs pensent qu'il n'est pas nécessaire de fixer des critères de sélection pour les associations eu égard à la diversité des associations de culture et la grande variabilité au niveau des différentes espèces ou variétés disponibles. Il est donc plus intéressant d'évaluer par zone les différents

phénotypes dans les types d'associations par zone. Cependant, d'autres chercheurs pensent qu'il est possible de sélectionner à n'importe quelle génération dans le cadre des cultures associées, à la condition de répondre aux questions suivantes:

- 1) Importance de l'espèce en culture pure par rapport à la culture compagne;
- 2) Existence de l'interaction génotypes x système de culture;
- 3) Disponibilité des ressources pour le programme de sélection, en vue d'augmenter les critères pour lesquels ils doivent sélectionner.

Si on ne sélectionne pas pour les associations, certains matériels qui se comportent bien en association seront perdus. Donc, une collaboration étroite entre agronomes et sélectionneurs à un certain stade de recherche est absolument indispensable.

Sol-eau-plante

Il a été demandé aux agroclimatologistes de mettre au point des méthodes permettant de manipuler les facteurs agroclimatiques pour mieux gérer les ressources en eau et de désigner des systèmes améliorés (dates de semis, dates de récolte, etc.) pour les différents systèmes au lieu de concentrer les efforts sur les cultures pures seulement. Cette remarque vaudra dans leur programme de zonage par culture: maïs, mil, sorgho, pour lesquels seront pris en compte les dates de semis x cycles.

Défense des cultures

Le problème d'application des herbicides dans le cas des cultures associées a été abordé. Le primagram est applicable sur l'association maïs/mil au moment du semis du maïs sans porter préjudice au mil semé 15-21 jours plus tard. Par contre, le sorgho-prim ne peut être appliqué à l'association sorgho/arachide à cause de son action nocive sur l'arachide.

Dans le domaine de l'entomologie, le comportement des ravageurs identifiés est assez mal connu dans l'association culturale. On pourra toujours continuer à identifier et étudier les principaux insectes ravageurs dans les associations. La grande inconnue est de savoir si avec l'association on aboutira à une diminution ou augmentation des populations de certains ravageurs et de leurs dégâts.

Recherche opérationnelle: DRSPR/OHV

Les observations préliminaires faites au niveau des paysans par l'équipe de la DRSPR indiquent que le choix des systèmes de cultures pures ou associées ne dépend pas du niveau d'équipement. Cependant, pour les cultures associées comme les cultures pures, l'importance des surfaces cultivées est liée au niveau d'équipement. Ensuite, la pratique de la traction animale

(culture attelée) peut dicter le choix entre cultures associées en interlignes et cultures associées en interpoquets. Des études et enquêtes plus poussées d'ordre agro-socio-économiques permettront de mieux cerner les critères d'association au niveau des paysans à l'intention des chercheurs travaillant dans d'autres secteurs. Enfin, il est difficile pour le moment de faire un constat correct. Les publications prochaines DRSPR/OHV donneront des précisions sur les systèmes arachide/sorgho et toutes les associations rencontrées.

Machinisme

Les difficultés surgissent sur ce plan. Faut-il rechercher et développer du matériel agricole uniquement pour les associations ou bien faudrait-il s'accommoder du matériel existant? Le problème reste posé et toutes les disciplines doivent y songer.

LISTE DES PARTICIPANTS

Atwood, David	USAID
Beninati, Noel	Sélectionneur, ICRISAT/Mali
Bretaudeau, Alhousseini	Professeur, IPR Katibougou
Camara, Mamady D.	ODIK Nioro du Sahel
Coulibaly, Adama	ICRISAT/Mali
Coulibaly, Boubacar	DRSPR (volet OHV)
Coulibaly, Ntji	SAFGRAD/Mali, SRCVO
Daou, Hassane	SAFGRAD/Mali, SRCVO
Denis, Jacques C.	DRSPR (volet OHV)
Diakité, Fakaba	SRCSS
Diakité, Noumoutié	OHV (formation)
Diarra, Adama	OHV (pré-vulgarisation)
Diarra, Amadou	Directeur, Station de Mopti, SRCVO
Diarra, Birama	Agrométéorologie, DNM
Diarra, Moussa	MSU - USAID - IER
Dolo, Abdoulaye B.	Chef, Projet maïs, CMDT
Dolo, Panganignou	Chef, SRCVO
Doumbia, Yacouba O.	Défense des cultures, SRCVO
Frahan, Bruno Henry de	MSU - USAID - IER
Giroux, Charles	Rédacteur, ICRISAT-Centre sahélien
Goita, Mamadou	Chef, DRSPR
Janjouna, Adamou	Secrétaire, ICRISAT-Centre sahélien
Kadri, Mahamadou Abdoul	DRSPR (Axe Sikasso-Bougouni)
Kassambara, Issa	ICRISAT/Mali
Kébé, Demba	DRSPR
Keita, Baladji	ICRISAT/Mali

Keita, Cheick O.	Sélection maïs, SRCVO
Kodio, Ondié	Légumineuse alimentaire, SRCVO
Konaté, Aliou	Défense des cultures, SRCVO
Konaté, Issaga M.	ODIPAC
Konaté, Zakaria	Direction nationale, Agriculture
Maiga, Aly Yéro	CMRST
Mariko, Dramane	DET/IER
Martiné, Jean-François	AGP, SRCVO
N'Diaye, Moussa	SRTPN/DRA
Niangado, Oumar	Sélectionneur mil, SRCVO
Reddy, Sanath K.	USAID
Renard, Charles	Chercheur, ICRISAT-Centre sahélien
Samaké, Soriba	DDI/IER
Sanogo, Zana	Chef, DRA
Sanogo, Zana Jean-Luc	DRSPR (volet Fonsébougou)
Shetty, S.V.R.	Agronome, ICRISAT/Mali
Soumano, D.	SRCVO, IER
Touré, Aboubacar B.	Amélioration du sorgho, SRCVO
Traoré, Abdoulaye	AGP, SRCVO
Traoré, Boubacar	SRCFJ, DRA
Traoré, Founkomo	INRZFH
Traoré, Lamine	RPAA, SAFGRAD/Mali, SRCVO
Traoré, Mamadou F.	Directeur général, IER
Traoré, Mamady B.	DMA (DNGR)
Traoré, Moussa	Projet IER-INTSORMIL
Valet, Serge	Projet sol-eau-plante

COMITE DE COORDINATION

Institut d'économie rurale (IER)

Z. Sanogo	Chef, DRA
P. Dolo	Chef, SRCVO
A. Traoré	Agro-pédologie, SRCVO

Projet ICRISAT/Mali

S.V.R.Shetty	Représentant, Projet ICRISAT/Mali
N.F. Beninati	Sélectionneur
B. Keita	Agronome (IER)
I. Kassambara	Agronome
S.O. Touré	Administrateur

