-PN-ABS-041 ISN=89380

RAPPORT TECHNIQUE FINAL

PROJET D'APPUI A LA RECHERCHE AGRICOLE

CONTRAT N° 683-0225

DE 1982 A 1988

INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHES AGRONOMIQUES DU NIGER
PURDUE UNIVERSITY
ALABAMA A&M UNIVERSITY
AGENCY FOR INTERNATIONAL DEVELOPMENT

POUR UNE ACTION COMMUNE:

L'INSTITUT NATIONAL DE
RECHERCHES AGRONOMIQUES DU NIGER,
L'UNIVERSITE PURDUE
ET
L'UNIVERSITE D'ALABAMA A&M

en coopération avec
le Gouvernement du Niger
et
l'Agence Américaine
pour le Développement International

RAPPORT TECHNIQUE FINAL

PROJET D'APPUI A LA RECHERCHE AGRICOLE

CONTRAT N° 683-0225

DE 1982 A 1988

Soumis par
le Bureau des Programmes Internationaux en Agriculture
Université Purdue

1989

PROLOGUE

Le Projet d'Appui à la Recherche Agricole a été choisi pour renforcer les capacités de l'Institut National de Recherches Agronomiques du Niger à mener des recherches pour l'amélioration des conditions agricoles du Niger. Le Projet ARA a atteint ses objectifs.

Les programmes de recherche en phytosélection, agronomie et économie de production ont été développés et renforcés. Les personnels à court et long termes du Projet ont aidé l'INRAN de plus d'une manière. Par le biais d'interactions continuelles et d'une étroite collaboration avec ses collègues de l'INRAN, le personnel du Projet a contribué de manière sensible à l'identification des problèmes, à la conception de la recherche, aux méthodologies et à la gestion.

Ce compte-rendu est de nature purement technique. On a d'autre part résumé les aspects administratifs et fiscaux du PARA dans d'autres rapports.

Les principales découvertes de la recherche sont résumées dans les sections 3, 4, et 5 de ce rapport. Les rapports annuels des départements de l'INRAN ainsi que d'autres publications comprennent des informations plus exhaustives et détaillées concernant la recherche menée à l'INRAN durant l'existence du PARA. Le fascicule N° 1 de l'INRAN intitulé *Stratégies alternatives pour la production de mil/niébé pendant l'hivernage* illustre bien l'utilisation des découvertes de la recherche dans les recommandations faites aux producteurs. Cette brochure fournit des informations précieuses sur les cultures intercalaires de mil/niébé au Niger. Elle est le fruit de programmes de recherche récemment achevés.

On a mis en évidence certaines lacunes identifiées lors du Projet ARA. Les discussions concernant les recommandations à donner ainsi que les priorités à prendre en compte dans les futures recherches de l'INRAN apparaissent dans la section 6 de ce rapport.

D. Woods Thomas
Doyen Associé et Directeur
Programmes Internationaux en Agriculture
Université Purdue
West Lafayette, Indiana 47907

REMERCIEMENTS

Un certain nombre de spécialistes a contribué à la conception de ce rapport. Le matériel apparaissant dans les chapitres 1, 2 et 5 a été fourni par M. Patrick Jomini. MM John Clark et Laurie Kitch ont contribué au chapitre 3, MM Chandra Reddy et Abdel Berrada au chapitre 4, et M. Robert Deuson au chapitre 6. Nous remercions M. Patrick Jomini et Mme Marion Bermondy d'avoir traduit ce rapport, MM J.D. Paschke et Patrick Jomini, Mesdames Marion Bermondy et Jan Coleman de l'avoir édité.

TABLE DES MATIERES

Page

Prologue i
Remerciements. ii
Liste des figures. vi
Liste des tableaux vii
Liste des acronymes. ix

1 INTRODUCTION 1
1.1 Ressources en terres au Niger 1
1.2 Démographie 1
1.3 Le but de l'autosuffisance alimentaire. 2
1.4 Importance des relations entre l'INRAN et les IIRA. . . . 2
1.5 Le Projet d'Appui à la Recherche Agricole au Niger et l'INRAN 3
1.6 Le renforcement de l'institution. 5

2 CONTRAINTES A LA PRODUCTION AGRICOLE 9
2.1 Contraintes dues à l'environnement. 9
2.1.1 Contraintes climatiques. 9
2.1.2 Contraintes de la fertilité du sol 12
2.2 Contraintes économiques 12
2.2.1 Contraintes liées à la main-d'oeuvre 12
2.2.2 Les conditions économiques 13

3 ROLE POTENTIEL DES TECHNIQUES AGRICOLES AMELIOREES AU NIGER: MULTIPLICATION DES PLANTES 17
3.1 Introduction. 17
3.1.1 Amélioration générale des plantes. 17
3.1.2 Principes et direction d'un centre de sélection. . 17
3.1.2.1 Gestion des champs expérimentaux. 18
3.1.2.2 Niveau de fertilité et pratiques culturales dans un programme de sélection. . 18
3.2 Caractéristiques du sorgho au Niger 20
3.2.1 Caractéristiques des variétés traditionnelles locales. 20
3.2.2 Amélioration des variétés locales. 21
3.2.3 Variétés améliorées. 21
3.3 Critères de sélection du sorgho du programme actuel de l'INRAN 22
3.3.1 Etablissement de la culture. 22
3.3.2 Cycle de maturité. 22
3.3.3 Hauteur des plantes. 22
3.3.4 Configuration du panicule et taille des graines. . 22
3.3.5 Caractère de non-sénescence. 23
3.3.6 Qualité du grain 23

4

3.4 Programme de l'INRAN pour la sélection du sorgho dans le cadre du PARA 23
3.4.1 Résultats obtenus dans la sélection du sorgho dans le cadre du PARA. 24
3.4.2 Variétés locales 24
3.4.3 Variétés introduites 26
3.4.3.1 Essais de rendements. 26
3.4.3.2 Résistance au *Striga* et essais de rendements 26
3.4.3.3 Tolérance à la sécheresse et adaptation au sol dunaire. 27
3.4.3.4 Dommages causés par les parasites de panicule et résistance à ces parasites. . 27
3.4.3.5 Résistance au charbon allongé 28
3.4.4 Sélection de pedigree. 28
3.4.5 Amélioration de la population par sélection récurrente 29
3.4.6 Développement et évaluation des hybrides 29
3.4.7 Résultats de l'hybridation expérimentale 31
3.5 Programme de l'INRAN pour l'amélioration du mil 31
3.5.1 Variétés locales améliorées à cycle précoce. . . . 32
3.5.2 Variétés locales améliorées à cycle moyen. 32
3.5.3 Nouvelles variétés de mil. 33
3.6 Sélection du niébé pour la résistance aux insectes. . . . 33
3.6.1 Le thrips des fleurs 33
3.6.2 La bruche du niébé 34
3.6.3 Conclusions. 35

4 ROLE POTENTIEL DES TECHNOLOGIES AGRICOLES AMELIOREES AU NIGER: PRATIQUES AGRONOMIQUES 45
4.1 Systèmes de culture 45
4.1.1 Association mil/niébé. 45
4.1.1.1 L'effet du génotype dans une culture associée mil/niébé. 46
4.1.1.2 Géométrie et espacement 47
4.1.1.3 Dates des semis 48
4.1.1.4 Fertilité 48
4.1.1.5 Contribution du niébé au stock d'azote mis à la disposition du mil 49
4.1.1.6 Efficacité de l'utilisation de l'eau par le mil et le niébé en monoculture et en culture associée. 49
4.1.1.7 Mil et niébé en systèmes de monoculture ou de culture associée dans des conditions de faibles et hautes précipitations 50
4.1.2 Système de culture associée sorgho/mil 51
4.1.3 Génotypes de niébé 52
4.2 Conservation de l'eau 52

Table des matières (3) Page

5 IMPORTANCE DES EXPERIENCES EN MILIEU REEL POUR LA PRODUCTION DE TECHNOLOGIES AGRICOLES UTILES 65
5.1 La recherche en milieu réel, un domaine nécessaire à la recherche agricole pratiquée par l'INRAN. 65
5.2 Importance d'une approche pluridisciplinaire. 66
5.3 Le processus de la recherche en milieu réel 66
5.4 Conclusion. 70

6 RECOMMANDATIONS DE RECHERCHE 73
6.1 Généralités 73
6.2 Méthodologie. 73
6.3 Priorités de recherche. 73
6.3.1 Amélioration des cultures. 73
6.3.2 Agronomie. 74
6.3.3 Socio-économie 74
6.3.3.1 Programmes de recherche en matière de production. 75
6.3.3.2 Modèles de consommation domestique. . . . 75
6.3.3.3 Modèles de commercialisation. 77
6.3.3.4 Unité d'analyse de la politique agricole. 78
6.3.3.5 Liaison avec la vulgarisation 78

7 REFERENCES 79

LISTE DES FIGURES

Page

2.1 Hauteur mensuelle des précipitations à Tillabéry (pour les années 1923 à 1987) 10

2.2 Hauteur mensuelle des précipitations à l'Aéroport de Niamey (pour les années 1943 à 1987) 10

2.3 Hauteur mensuelle des précipitations à Kolo (pour les années 1940 à 1987). 11

2.4 Hauteur mensuelle des précipitations à Birni N'Gaoure (pour les années 1954 à 1987) 11

LISTE DES TABLEAUX

Page

1.1 Définition et étendue des principales zones écologiques du Niger. (en milliers d'ha) (Ancey *et al.*, 1987) 6
1.2 Types de sols principaux dans deux zones agro-écologiques du Niger définies en termes de durée (en jours) de campagne. . . 7
1.3 Secteur irrigué du Niger, par département (en milliers d'ha) (d'après Ancey *et al.*, 1987; Simmons, 1984). 8
2.1 Capacité de rétention d'eau et taille des particules de sols de quatre sites expérimentaux du sud-ouest nigérien 14
2.2 Analyse chimique des sols de quatre sites expérimentaux dans le sud-ouest nigérien 14
2.3 Prix du mil, payés par l'OPVN aux producteurs de détail (OPVN) et sur le marché libre (en francs CFA), 1977-1983 15
3.1 Rendements en grain de sorgho exprimés en pourcentages du rendement moyen de l'essai pour sept variétés locales et un témoin local, et rendements moyens par site, sur neuf sites, en 1986 36
3.2 Rendements en grain de sorgho exprimés en pourcentages du rendement moyen de l'essai pour neuf variétés locales et un témoin local sur six sites, en 1987 37
3.3 Rendement en grain (kg/ha) de la variété de sorgho SEPON 82 durant quatre campagnes 38
3.4 Performance de la variété résistante de sorgho SRN 39 comparée aux cultivars locaux sous infestation de *Striga* et sans *Striga* durant les campagnes 1986-1987. (Hess, données non-publiées). 39
3.5 Synthèse de la performance d'essais de sorgho hybride au Niger, 1984-1987 40
3.6 Nombre de thrips présents dans les fleurs de diverses variétés de niébé. Bengou, 1984. 42
3.7 Développement de la bruche, *Callosobruchus maculatus*, dans les graines de neuf variétés de niébé. 43
4.1 Rendement en grain de niébé (kg/ha) de trois variétés semées en association avec trois variétés de mil; comparaison avec des rendements de monoculture; trois sites, 1985-1987. 54
4.2 Effet des génotypes de mil sur le pourcentage de lumière disponible pour le niébé associé, Kolo, 1987 55
4.3 Effet des dates de semis sur les rendements du mil et du sorgho, Bengou, 1985 55
4.4 Effet de la date de semis du niébé en association avec le mil (kg/ha) sur le rendement du niébé. 56
4.5 Effets de l'application d'engrais nitratés (N) et phosphatés (P) sur le rendement du mil, Bengou et Tarna, 1985 57
4.6 Effet de la fertilisation N et P sur le rendement en grain (kg/ha) de trois variétés de mil en systèmes de monoculture et de culture associée durant une année de sécheresse (pluviométrie: 217 mm) et sur un sol pauvre en P (3,7 ppm P_2O_5 assimilable), Magaria, 1984. 58

Liste des tableaux (2) **Page**

4.7 Effet de l'association du niébé sur les rendements du mil et du niébé avec et sans application de N et P 59

4.8 Estimations de la consommation et de l'efficacité d'utilisation de l'eau pour le mil et le niébé en monoculture et en culture associée 60

4.9 Taux d'équivalence en terre pour le mil et le niébé en monoculture et en association, Ouallam, 1985, et Chikal, 1985-86 . . 61

4.10 Rendement en grains de mil et de sorgho en monoculture et en association et taux d'équivalence en terre (TET) correspondants, Bengou, 1987. 61

4.11 Rendements en grain et en fânes de variétés améliorées et d'une variété locale de niébé (Negou), à Kolo, 1987. 62

4.12 Effets du type de travail de la terre et du niveau d'engrais azoté sur le rendement en grain et en matière sèche de sorgho, sur le nombre moyen de poquets établis et sur le nombre moyen de panicules récoltés par parcelle, Kolo, 1987 63

5.1 Traitements pour les essais en milieu réel de culture associée mil/niébé. 71

5.2 Valeur implicite de la main-d'oeuvre journalière en francs CFA, par période et par village, avec une semaine de travail de six jours et sans coût du capital; essais en milieu réel, 1986. (Krause *et al.*, 1987). 72

9

LISTE DES ACRONYMES

CILSS	Comité Permanent Inter-états de la Lutte Contre la Sécheresse dans le Sahel
CIMMYT	Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo (Centre International d'Amélioration du Maïs et du Blé)
CV	Coefficient(s) de variation
DECOR	Département d'Economie Rurale
DRA	Département de Recherches Agronomiques
DRE	Département de Recherches Ecologiques
EMR	Essais (expériences) en milieu réel
ICRISAT	International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (Institut International de Recherches sur les Cultures dans les Régions Semi-Arides Tropicales)
IIRA	Instituts Internationaux de Recherche Agricole
IITA	International Institute of Tropical Agriculture (Institut International d'Agriculture Tropicale)
INRAN	Institut National de Recherches Agronomiques du Niger
INSAH	Institut du Sahel
INTSORMIL	International Sorghum/Millet Research (Programmes internationaux de recherches sur le mil et le sorgho)
IRAT	Institut de Recherches Agronomiques Tropicales
ISNAR	International Service for National Agricultural Research (Service international de recherche agricole nationale)
ONAHA	Office National des Aménagement Hydro-agricoles
OPVN	Office des Produits Vivriers du Niger
PARA	Projet d'Appui à la Recherche Agricole
PRAAN	Projet de Recherche Agricole Appliquée au Niger
RMR	Recherche en milieu réel
SER	Surface équivalent relative
TAMU	Texas A&M University (Université A&M du Texas)
TET	Taux d'équivalence en terre
TROPSOILS	Tropical Soils Collaborative Research Program (Projet international d'études des sols)
USAID	United States Agency for International Development (Agence américaine pour le développement international)

1. INTRODUCTION

1.1 Ressources en terres au Niger

Le Niger est un pays sans accès maritime, qui borde et inclut une grande partie du désert sud-saharien. Il est entouré au sud par le Bénin et le Nigéria, ce dernier le séparant de l'océan par 600 kilomètres. Les estimations des ressources en terres varient en fonction des bases de données consultées. Le tableau 1.1 représente la répartition, d'après la FAO, des 146 millions d'hectares constituant le pays. Théoriquement, l'agriculture pourrait être pratiquée dans les régions où les précipitations excèdent 300 millimètres. Toutefois, en tenant compte des différences de qualité de sol et de leur situation, les terres arables ne sont estimées qu'à moins de onze millions d'hectares (Ancey et al, 1987). Le tableau 1.2 décrit la répartition des sols au Niger, basée sur des recherches récentes menées par l'Institut International de Recherches sur les Cultures dans les Régions Semi-Arides Tropicales (ICRISAT). Ce tableau souligne la prépondérance des sols dunaires (arénosols) qui sont définis comme étant pour la plupart sablonneux et de texture légère; l'agriculture pratiquée sur la plupart de ces sols est de type pluvial.

Le potentiel de l'irrigation au Niger est relativement faible par rapport au secteur des cultures pluviales. Il est principalement limité à des zones longeant le fleuve Niger, les étangs et les dallols (vallées fossiles). Le potentiel irriguable est rapporté dans le tableau 1.3 par département. Le potentiel total est basé sur des projets à long terme, tels que l'endiguement du fleuve dont il est question depuis 1946 (Ancey et al, 1987). Des hypothèses moins strictes ont été faites dans l'estimation du "potentiel identifiable". Les surfaces développées ont été estimées en 1984; les zones effectivement cultivées peuvent différer des zones développées du fait de l'abandon de certains périmètres. Bien que le potentiel d'expansion du secteur irrigué soit important, on prévoit que les coûts d'investissement seraient élevés pour beaucoup de projets.

Représentant moins d'un pour cent des terres arables, le secteur irrigué ne constitue qu'une part faible des terres nigériennes cultivées et affecte un nombre restreint de fermiers nigériens.

1.2 Démographie

En 1985, la population du Niger était estimée à 6,3 millions (Ancey *et al.*, 1987) dont 80% environ vivaient en zone rurale. Néanmoins, un nombre important de citadins entretiennent d'étroites relations avec les villages et une partie de leur revenu provient d'activités agricoles. Le taux moyen annuel de croissance de la population est de 3%. Ce chiffre cache de grandes disparités entre les régions rurales et urbaines, dont les taux respectifs sont de 2 et 7%, témoignant d'un taux élevé de migration vers les villes.

Afin de répondre à la demande croissante en nourriture engendrée par cette poussée démographique, le secteur agricole, dont les produits sont largement consommés localement, doit accroître sa production à un taux rapide, ceci malgré les conditions défavorables d'opération telles la baisse de fertilité du sol et la faiblesse des précipitations. L'agriculture reste la principale activité économique du Niger et concerne entre 80 et 90% de la population.

1.3 Le but de l'autosuffisance alimentaire

Tenant compte de l'importance de l'agriculture dans son économie, ainsi que de l'augmentation de la demande alimentaire locale due à l'accroissement démographique, le gouvernement du Niger (GON) a axé ses efforts sur l'autosuffisance alimentaire, ce qui requiert une augmentation rapide de la production alimentaire. La production agricole a été accrue principalement au travers d'une expansion des surfaces cultivées (Enger *et al.*, 1979). De ce fait, il a fallu diminuer les surfaces en jachère, technique traditionnellement utilisée par les fermiers pour maintenir la fertilité du sol et étendre les cultures dans des régions marginales, difficilement accessibles ou moins fertiles. La disparition de la jachère a précipité la baisse de la fertilité du sol. De plus, alors que les engrais sont relativement peu coûteux au Niger, très peu ont été utilisés dans le passé (en moyenne moins d'un kg/ha à la fin des années soixante-dix) (Ministère de l'Agriculture, 1986).

La croissance future devra être entreprise sans extension sur les terres marginales. Un système d'agriculture plus intensive doit être appliqué au Niger. Ceci peut être réalisé par l'utilisation de variétés améliorées, cultivées dans de meilleures conditions environnementales obtenues par des pratiques culturales améliorées et par l'utilisation d'intrants monétaires. De tels systèmes doivent être étudiés et développés avant d'être utilisés par le fermier.

Les Instituts Internationaux de Recherche Agricole (IIRA), tels l'ICRISAT ou l'Institut du Sahel au sein du CILSS, jouent un rôle important dans la recherche de stratégies globales de développement, leurs efforts étant axés sur des techniques et des problèmes régionaux concernant le Sahel dans son ensemble. Cependant, la spécificité spatiale de la recherche agricole rend nécessaire l'existence d'un institut de recherche national, capable aussi bien d'adapter les recommandations régionales aux conditions locales que de développer ses propres stratégies de recherche.

1.4 Importance des relations entre l'INRAN et les IIRA

Depuis 1975, l'Institut National de Recherche Agronomique du Niger (INRAN) est chargé de conduire des recherches agricoles destinées à accroître la production agricole du Niger. Comme il a été dit auparavant, ce but nécessite un effort d'intensification de l'agriculture. De telles techniques de production, se basant moins sur l'extension des cultures sur terres vierges ou en jachère, sont relativement nouvelles dans ces régions et de fait, doivent être étudiées de manière approfondie; lorsque ces

12

techniques seront prêtes, elles devront finalement être appliquées par l'utilisateur final: le fermier.

Dans ce processus de recherche, les instituts nationaux de recherche tels l'INRAN et les IIRA ont un rôle complémentaire important à jouer. Alors que les IIRA sont engagés dans des recherches en milieu réel en termes méthodologiques, l'exécution et l'adaptation de technologies aux conditions locales est du ressort de l'INRAN, car cette recherche est une partie intégrante des recherches adaptatives débouchant sur des techniques utiles pour le fermier.

L'importance d'une coopération entre l'INRAN et les IIRA, par exemple l'ICRISAT, est illustrée par le fait que l'IIRA concentre généralement ses efforts sur des cultures spécifiques, et reçoit un support financier d'un grand nombre d'organisations donatrices; ces institutions sont capables de maintenir une large sélection de variétés de plantes de diverses origines. Grâce à des contacts internationaux entretenus par les IIRA, les variétés présentant les caractéristiques désirables mais non disponibles localement, peuvent être échangées, testées et sélectionnées en fonction des conditions régnant dans les régions sahéliennes. Ce premier examen (processus très fastidieux) pourrait pouvoir fournir à l'INRAN de précieuses données pour la production de plantes mieux adaptées aux conditions locales. L'examen et la sélection réalisés par l'INRAN comprennent des essais multilocaux qui servent à étudier les meilleures variétés adaptables à diverses régions du Niger. Tous ces processus de sélection sont typiquement menés avec des niveaux élevés d'intrants (voir section 4.1.1).

Une fois que les variétés les mieux adaptées aux contraintes de l'environnement ont été identifiées par l'INRAN, leur utilité pour les fermiers doit être testée dans des conditions réelles; ces dernières peuvent évidemment être très différentes des conditions de sélection et très contraignantes pour les espèces sélectionnées.

Comme le montre cet exemple, les relations entre l'IIRA et l'institut national de recherches sont très bénéfiques, liant ce dernier au reste du monde. Ce type d'activité institutionnelle est aussi préconisée par Simmonds dans le domaine des essais en milieu réel, de manière à encourager le contact entre les instituts nationaux et à permettre ainsi la mise en commun de leurs expériences en matière de recherche agricole.

1.5 Le Projet d'Appui à la Recherche Agricole au Niger et l'INRAN

Dans son mandat d'accroitre la production alimentaire au Niger, l'INRAN doit confronter certains obstacles à sa capacité de promouvoir une recherche adaptée au secteur agricole. Ces obstacles ont été identifiés dans le document initial du Projet d'Appui à la Recherche Agricole au Niger comme étant les suivants:

- l'insuffisance de personnel scientifique;

- l'incapacité de mobiliser certaines ressources et le manque de laboratoires adéquats, de bibliothèques et de services statistiques;

- l'insuffisance de la recherche interdisciplinaire.

Afin d'amoindrir l'effet de certaines de ces contraintes sur le système de recherche, un ensemble d'objectifs a été formulé. Ces objectifs comprennent le soutien au développement d'activités de recherches qui concentreraient davantage leur attention sur:

- la variabilité rencontrée dans différentes zones écologiques du Niger,

- la variabilité parmi les différentes entreprises agricoles,

- la nécessité d'étendre les efforts de recherche du stade de tests et de démonstrations à celui des conditions réelles.

Pendant les cinq années du PARA, les programmes de recherche réalisés ont été les suivants:

- une équipe interdisciplinaire constituée de phytosélectionneurs, de spécialistes en qualité des céréales, d'agronomes et de spécialistes en protection végétale, a contribué à l'identification de contraintes majeures affectant la production agricole et à développer les connnaissances des plantes et du matériel végétal destinées à surmonter ces contraintes.

- un programme de recherche sur les systèmes fermiers comprenant:

    - des sondages permettant d'identifier les ressources et leur utilisation, ainsi que les pratiques culturales et les obstacles à leur application;

    - des expériences en milieu réel visant à tester des interventions et des technologies spécifiques afin de déterminer leur acceptabilité et leur impact sur la ferme;

- un programme de recherche en systèmes de production pour développer des systèmes de pratiques culturales appropriés pour la production de céréales en diverses zones écologiques et par différentes exploitations agricoles. Ce programme vise à comprendre et à promouvoir des recommandations économiques concernant:

    - l'utilisation d'engrais
    - les cultures associées
    - la période des semis
    - la densité et l'espacement des plants
    - le sarclage et la lutte contre les parasites.

14

Ces trois activités spécifiques ont été réalisées en divers sites du Département de Maradi et de Niamey et dirigées depuis les stations de Tarna et de Kolo.

1.6 Le renforcement de l'institution

Le renforcement de l'institut a été réalisé grâce aux activités mentionnées précédemment et à la formation du personnel au moyen de:

- stages à long terme de chercheurs nigériens

- l'interaction entre les chercheurs étrangers et leurs collègues locaux dans le contexte de la mise en place et du soutien des programmes de recherche mentionnés plus haut.

Le but de ce rapport est de montrer les progrès faits par l'INRAN avec l'aide du PARA et la collaboration d'autres instituts de recherche tels que l'INTSORMIL et TROPSOILS. Ces progrès comprennent:

- une meilleure définition des contraintes à la production agricole du Niger,

- le développement de stratégies alternatives permettant aux fermiers d'augmenter la production agricole, malgré ces contraintes,

- un accroissement de la capacité de recherche de l'INRAN dans tous les domaines de la recherche agricole, y compris la sélection végétale, l'agronomie et l'économie.

TABLEAU 1.1 Définition et étendue des principales zones écologiques du Niger (en milliers d'ha) (Ancey *et al.*, 1987)

Zones écologiques	Pluviométrie annuelle[1] (probabilité=90%)	Surface (milliers d'ha)	pour-cent du total
Saharienne	moins de 200	82,35	65,0
Saharo-sahélienne	200-300	15,40	12,2
Sahélienne	300-350	15,34	12,1
Sahélo-soudanienne	350-600	12,37	9,8
Soudanienne	plus de 600	1,24	0,9
Total Niger		126,70	100,0

[1]Pluviométrie à 90% de probabilité.

16

TABLEAU 1.2 Types de sols principaux dans deux zones agro-écologiques du Niger définies en termes de durée (en jours) de campagne. (Sivakumar, 1988)

Sols	Zone sud-sahélienne Campagne = 60-100 jours	Zone Soudanienne Campagne = 100-150 jours
Arenosols	8710	28
Fluvisols	145	-
Gleysols	295	-
Luvisols	900	118
Vertisols	410	38
Cambisols	380	-
Planosols	23	-
Regosols	808	85
Total	11671	269

17

TABLEAU 1.3 Secteur irrigué du Niger, par département (en milliers d'ha). (d'après Ancey *et al.*, 1987; Simmons, 1984)

Département	Potentiel		Développé et Réhabilité (milliers d'ha)
	Total (milliers d'ha)	Identifié (milliers d'ha)	
Niamey (Fleuve)	140	32,5	6,0
Dosso (Dallols)	40	7,6	3,0
Tahoua (Ader Maggia)	28	5,3	1,1
Maradi (Goulbis)	11	10,4	1,8
Diffa (Komadougou)	50	3,0	0,5
Agadez (Montagnes de l'Aïr)	3	2,5	0,5
Total	272	61,3	12,9

12

2. CONTRAINTES A LA PRODUCTION AGRICOLE

2.1 Contraintes dues à l'environnement

2.1.1 Contraintes climatiques

Les cultures pluviales se trouvent pour la plupart entre les limites de précipitations de 350 mm dans le centre du Niger, et de 800 mm au sud. La disponibilité en eau est une contrainte prédominante. Elle peut être subdivisée en quatre déficiences principales:

- précipitations totales marginales dans la majeure partie de la zone agricole,
- pluies précoces erratiques et insuffisantes,
- longues périodes de sécheresse durant la saison des cultures contraignant la croissance,
- interruption précoce des précipitations en fin de saison résultant en une période de croissance courte et un stress accru en fin de saison.

Les figures 2.1 à 2.4 illustrent quelques unes des caractéristiques climatiques des différents sites (du nord au sud) dans l'ouest nigérien. Sur ces graphiques, le taux mensuel de précipitations est représenté par des blocs de différents motifs et le total des précipitations pour la période d'avril à octobre est la somme de ces blocs. Ceci comprend la plupart des précipitations utiles à la croissance des plantes, mais ne comprend pas les accidents erratiques se produisant en dehors de cette période et n'affectant pas les cultures. Comme déjà mentionné dans le chapitre 1, la saison de croissance dans la majeure partie de la zone agricole du Niger est courte (de 60 à 100 jours), et augmente du nord au sud en fonction de la quantité de précipitations.

Ces figures illustrent également la tendance récente à la baisse des précipitations et à la longueur de la saison de croissance. Les précipitations durant les premiers mois (avril, mai et juin) ne sont parfois pas suffisantes pour permettre une croissance normale des jeunes plants. Bien que la nature permanente ou cyclique de cette tendance soit sujette à de nombreux débats, il faut se rappeler que les conditions actuelles contribuent aux faiblesses de la production agricole et aux privations engendrées par cette faible production.

De récentes recherches ont montré que le premier assaut des pluies capable de permettre la croissance des jeunes plants joue un rôle

Fig. 2.1 Hauteur mensuelle des précipitations à Tillabéry (pour les années 1923 à 1987).

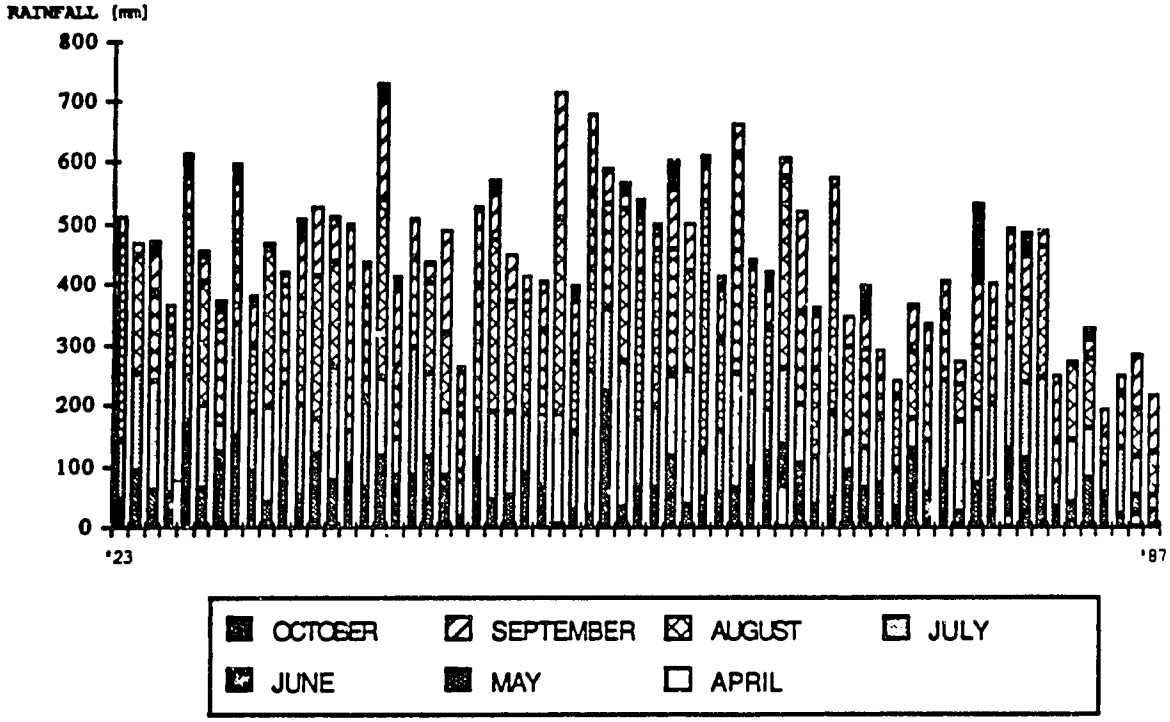
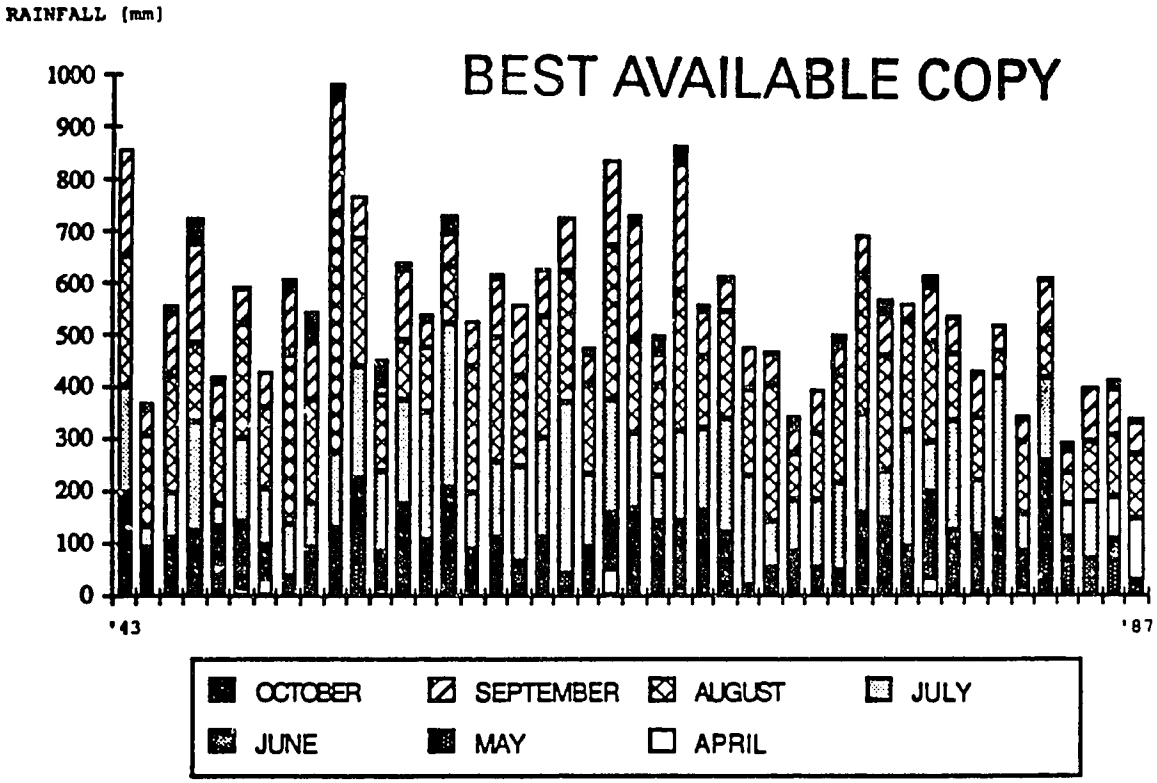


Fig. 2.2 Hauteur mensuelle des précipitations à l'Aéroport de Niamey (pour les années 1943 à 1987).



BEST AVAILABLE COPY

Fig. 2.3 Hauteur mensuelle des précipitations à Kolo (pour les années 1940 à 1987).

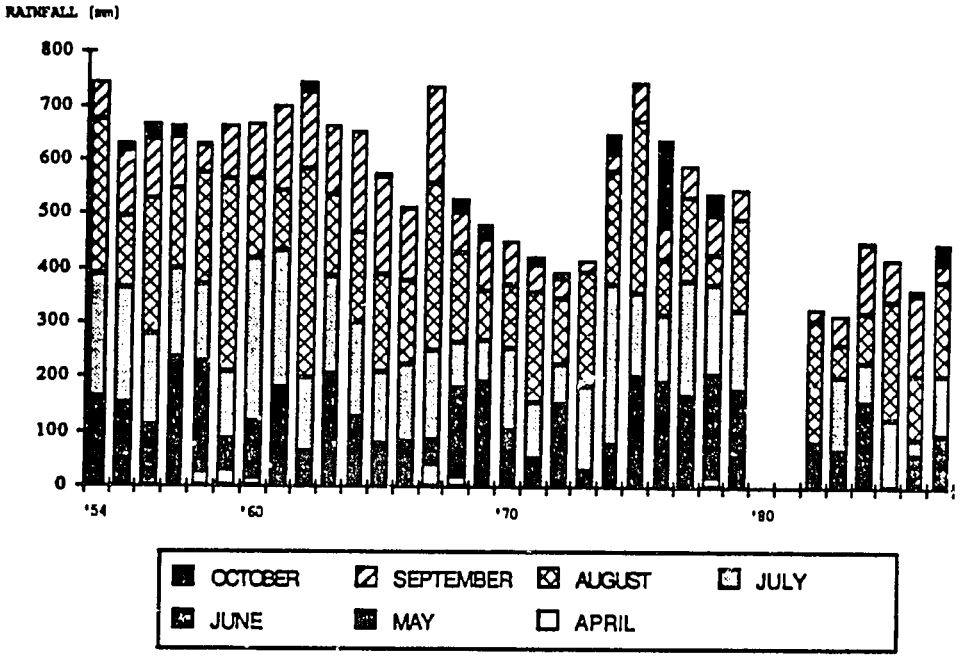
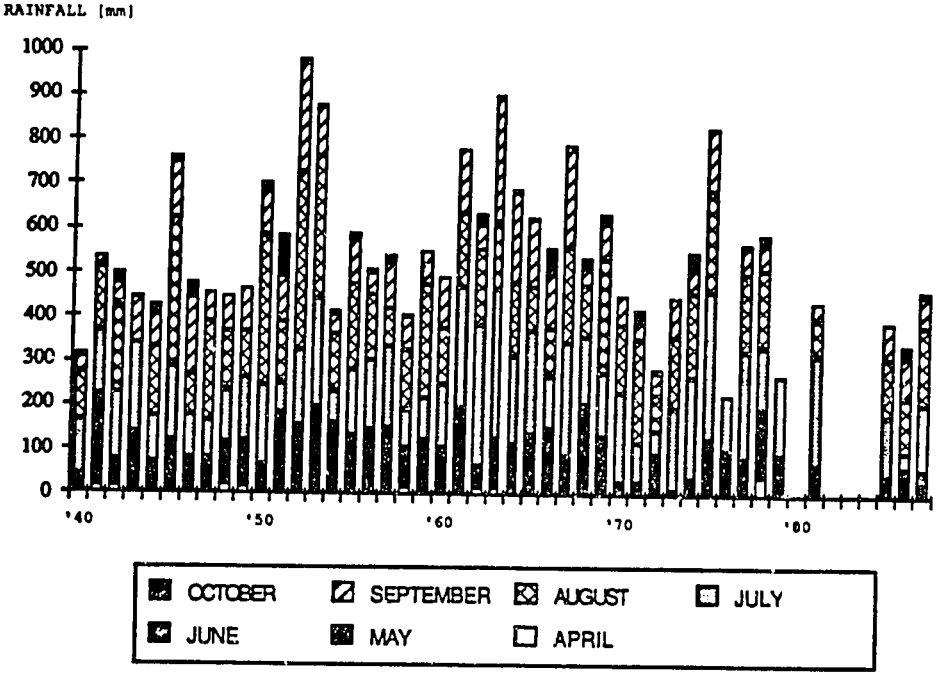


Fig. 2.4 Hauteur mensuelle des précipitations à Birni N'Gaoure (pour les années 1954 à 1987).



BEST AVAILABLE COPY

21

prépondérant dans le succès d'une culture. Différentes règles ont été établies pour aider les fermiers à gérer leurs cultures (Reddy, 1988; Sivakumar, 1988; Stewart, 1988). En gros, ces règles tentent de définir le départ de la saison de récolte en termes de pluies précoces qui fourniront suffisamment d'humidité pour une germination réussie et une croissance précoce.

Reddy estime qu'à Niamey, la saison des pluies, et donc de plantation, débute en moyenne vers le 12 juin. En se basant sur cette supposition, et en estimant la consommation journalière d'eau à 1,5 mm, l'auteur recommande de ne pas planter autour du 20 mai, à moins que des précipitations d'au moins 33 mm en trois jours se produisent, permettant de supporter les jeunes plants jusqu'à l'arrivée de meilleures pluies.

L'action des vents de sable, au début de la saison des cultures, est un autre effet climatique qui affecte défavorablement la survie des plantes. Cette action éolienne contribue à la dessiccation des jeunes plants causée par la chaleur du vent, à leur destruction et à leur recouvrement par les vents de sable.

2.1.2 Contraintes de la fertilité du sol

La plupart des sols nigériens sont extrêmement pauvres (Ouattara et Persaud, 1985). La majorité des sols est de texture légère et sablonneuse (Tableau 1.2). Néanmoins, les sols des vallées fluviales et des dallols sont en général plus lourds. Les résultats des analyses physico-chimiques des sols effectuées sur quatre sites, se trouvent dans les tableaux 2.1 et 2.2. Les sols de N'Dounga (à 20 km au SE de Niamey), Liboré (à 10 km au SE de Niamey) et Sadoré (à 40 km au SE de Niamey) sont habituellement de type sablonneux, alors que le sol échantillonné à Sadia (à 5 km au sud de Niamey) est plus lourd, comme l'est souvent celui de fond de vallée, et contient plus de limon et d'argile. Comme le montrent ces tableaux, le taux de matière organique (ainsi que celui d'azote) de la plupart des sols est faible. La capacité d'échange de cations (C.E.C.) est faible, d'environ de 2 meq/100 gr et le P_2O_5 disponible est de moins de 10 ppm. Les sols dunaires ont aussi tendance à être acides (avec un ph aussi bas que 4.50) et semblent présenter quelques problèmes de toxicité liés à la présence d'aluminium (Al) (Davis-Rainey, Wendt). De plus, ces sols sont enclins à la sécheresse, à cause de leur faible capacité de rétention d'eau (Tableau 2.1).

2.2 Contraintes économiques

2.2.1 Contraintes liées à la main-d'oeuvre

La main-d'oeuvre constitue souvent un goulot d'étranglement limitant la production agricole dans le Sahel et un obstacle à l'adoption de certaines technologies au potentiel élevé. Par exemple, au Burkina Faso, la disponibilité en main-d'oeuvre au moment du sarclage est un facteur déterminant de la production agricole. La main-d'oeuvre constitue aussi une contrainte potentielle dans l'utilisation par les fermiers de la

technique de billonnage cloisonné qui contribue à empêcher la déperdition en surface de l'eau de pluie, et à constituer ainsi un moyen utile de conservation de l'humidité. Ohm *et al.* (1985) indiquent que ces techniques, combinées à la fertilisation, entraînent des hausses considérables de rendement. Ces auteurs démontrent aussi qu'elles s'avèrent économiquement profitables. Cependant, pour être efficace, la construction de billons cloisonnés doit avoir lieu en période de forte pénurie en main-d'oeuvre. Cette observation a entraîné la mise au point d'équipement de billons cloisonnés et réduisant l'effet des limitations en main-d'oeuvre. Ce matériel a dû être testé plus avant sous diverses conditions d'utilisation.

Au Niger, un ensemble de techniques améliorées a été combiné par l'INRAN pour la culture associée du niébé et du mil. Cette technique nécessite l'utilisation de variétés améliorées, une plus grande densité de semis et l'utilisation d'engrais chimiques. L'amélioration des rendements est significative, mais le travail nécessaire à l'application de l'urée entre en conflit avec celui nécessaire au semis du niébé, limitant ainsi la surface pouvant être cultivée au moyen de ce système plus intense en main-d'oeuvre (Krause *et al.*). Pour le fermier, la valeur d'une journée de travail supplémentaire durant cette période cruciale équivaut à 2 à 4 fois le salaire usuel.

2.2.2 Les conditions économiques

La politique des prix influence significativement les décisions des fermiers, car elle affecte les prix des intrants et des extrants. Au Niger, bien que certains intrants, tels les engrais, aient été largement subventionnés, les prix des extrants payés aux producteurs par l'Office des Produits Vivriers du Niger (OPVN) sont souvent plus bas que les prix des marchés (voir tableau 2.3). Le prix d'achat officiel est maintenu à un niveau bas de manière à permettre à l'OPVN d'approvisionner les marchés urbains à relativement bas prix. Le bas niveau des prix d'achat officiels fait que le revenu lié à ces cultures reste bas. Ceci a souvent pour conséquence de rendre insuffisante la motivation des fermiers à accroître la production de mil en augmentant l'utilisation d'intrants ou à l'aide de toute autre forme d'investissement.

Un autre élément important de l'environnement économique qui affecte les fermiers nigériens et les preneurs de décisions politiques est la proximité de marchés importants nigérians et la politique de ce pays vis-à-vis des intrants et produits. Adesina (1985) fait allusion à ces impacts sur les fermiers nigériens.

En outre, le démantellement du système de crédit nigérien a créé un vide qui rend difficile l'achat par les fermiers de certains intrants.

TABLEAU 2.1 Capacité de rétention d'eau et taille des particules de sols de quatre sites expérimentaux du sud-ouest nigérien. (Mahaman 1988, p. 21)

Site	Pourcentage d'humidité à la capacité du champ	Pourcentages de		
		Sable	Limon	Argile
N'Dounga	2,8	87,0	4,0	8,0
Liboré	3,0	84,0	7,0	9,0
Sadoré	2,8	89,0	6,0	3,0
Sadia	17,2	60,0	18,0	20,0

TABLEAU 2.2 Analyse chimique des sols de quatre sites expérimentaux dans le sud-ouest nigérien. (Mahaman 1988, p. 21)

Site	Total Carbone	pH	Phosphore Disponible	Fer libre	Cations extraits[2]			Acide extrait[2]
	(%)		(ppm)	(%)	Ca	Mg	K	
N'Dounga	0,18	6,5	10,0	0,20	1,1	0,2	0,10	0,08
Liboré	0,12	6,0	4,0	0,34	1,4	0,6	0,08	0,25
Sadoré	0,22	5,4	6,0	DM[1]	DM	DM	DM	DM
Sadia	0,35	5,9	24,0	0,86	6,5	3,7	0,35	0,16

[1]Donnée manquante

[2]Milli-equivalents par 100 g de sol

24

TABLEAU 2.3 Prix du mil, payés par l'OPVN aux producteurs de détail (OPVN) et sur le marché libre (en francs CFA), 1977-1983. (Adesina, 1985)

Année	OPVN Prix au producteur (FCFA)	OPVN Prix de vente au détail (FCFA)	Prix libre de vente au détail (FCFA)
1977	30	50	64
1978	30	50	90
1979	40	50	92
1980	40	75	97
1981	45	120	178
1982	70	120	167
1983	80	120	113

3. ROLE POTENTIEL DES TECHNIQUES AGRICOLES AMELIOREES AU NIGER: MULTIPLICATION DES PLANTES

3.1 Introduction

3.1.1 Amélioration générale des plantes

Vu la courte durée et le caractère imprévisible de la saison des pluies dans les zones agricoles du Niger, les programmes de sélection des principales cultures, mil, sorgho et niébé se sont concentrés sur la sélection de variétés à maturité précoce, afin de contrecarrer les effets de la sécheresse. La sélection est menée sous des conditions de fertilité moyenne à élevée en comparaison avec la fertilité basse rencontrée dans les champs des agriculteurs. La plupart des fermiers nigériens n'appliquent que peu ou pas d'engrais. Néanmoins, comme le souligne House dans son *Guide pour la sélection du sorgho* (*Guide for Sorghum Breeding*, 1985), les variétés de sorgho performantes sous des conditions de fertilité élevées se montrent tout aussi performantes dans des conditions moins favorables. Il est plus facile de distinguer une amélioration de rendement de 10% dans un essai dont le rendement moyen s'élève à 5000 kg/ha (un accroissement de 500 kg) que de distinguer un accroissement correspondant lorsque le rendement moyen n'atteint que 500 kg/ha. Toutefois, certains essais doivent aussi être menés au même niveau de fertilité que celui recommandé pour une production fermière.

3.1.2 Principes et direction d'un centre de sélection

Une gestion adéquate de la recherche est essentielle à la conduite d'un processus de sélection complet et d'un programme d'essai variétal, en particulier lorsque le nombre de chercheurs et de techniciens est limité et que les conditions climatiques sont défavorables. L'identification des meilleures entrées dans un test variétal ne peut être accomplie lorsqu'un haut niveau d'erreur expérimentale est responsable de différences de rendement non-significatives. De même, les génotypes supérieurs ne peuvent être identifiés et sélectionnés si la variabilité génétique est masquée par les conditions changeantes de l'environnement. Pour obtenir un programme de sélection productif, on doit mettre au point un système rationnel d'évaluation d'un grand nombre de variétés et de lignées de sélection et procéder à leur élimination progressive ou à leur avancement vers un produit final. Un programme efficace de stockage et de conservation des semences est aussi nécessaire à cet effort d'amélioration. Sans l'assurance d'un système d'irrigation dans un climat semi-aride, le risque de perte de germeplasme est toujours présent. Enfin, une coopération entre les programmes de sélection en termes d'échange de matériel génétique et d'informations techniques constitue une aide inestimable dans le domaine de la sélection des plantes.

3.1.2.1 Gestion des champs expérimentaux

Les champs expérimentaux de sorgho de la cuvette de Kolo sont des sols de vallée riches mais la présence d'une légère pente et de nombreuses irrégularités topographiques produisent une croissance irrégulière des plantes et des coefficients de variation (CV) élevés. Les sept hectares sont semés à la main par le phytosélectionneur de sorgho, un ou deux techniciens et 10 à 20 travailleurs journaliers, selon leur disponibilité. Les semis débutent dans les sols de vallée durant la dernière semaine de juin ou la première semaine de juillet après une pluie excédant 25 mm. Une exécution rapide des semis est nécessaire car tout retard après la mi-juillet entraîne une baisse de rendement. Au début du PARA, les champs étaient semés sans préparation préalable autre que le labourage. A partir de 1984, les champs de sorgho de Kolo ont été délimités en six bandes séparées par des allées de 1 mètre afin de faciliter le semis en rayons de 6 mètres. En 1985, les champs ont été nivelés et des plates-bandes formées avec des billons espacés de 80 cm et cloisonnés avec l'équipement et l'aide du Centre Sahélien de l'ICRISAT. Les bandes étaient marquées à 6 m d'intervalle. De 1986 à 1988, la même procédure a été suivie, à l'exception du billonnage cloisonné qui a été complété au moyen de charrues à boeufs.

Le nivelage, les plates-bandes et le billonnage cloisonné ont entraîné une meilleure croissance des plantes, plus uniforme, et produit des CV plus faibles. L'utilisation de billons et du billonnage cloisonné a permis d'établir un espacement et une longueur de rang adéquats, sans avoir à effectuer le travail de mensuration qui était nécessaire auparavant. De ce fait, les semis ont pu être accomplis plus rapidement, ce qui a permis de profiter au maximum de la pluie disponible. Le semis dans le sillon entre les billons cloisonnés conduit à une meilleure distribution et à une meilleure rétention de l'humidité, permet d'excellents taux de germination et d'émergence et favorise la croissance. Les expériences sur le sorgho réalisées à Kolo par la section d'agronomie générale confirme l'amélioration de rendement due au billonnage cloisonné par rapport aux semis sans billons ni billonnage cloisonné.

3.1.2.2 Niveau de fertilité et pratiques culturales dans un programme de sélection

On se plaint souvent que les programmes de sélection des plantes dans les pays en voie de développement produisent des variétés sélectionnées sous des conditions de fertilité et de gestion artificiellement élevées. La critique implicite dans cette plainte est que la performance du produit obtenu ne peut être supérieure ou même égale à celle de variétés locales adaptées aux conditions de gestion traditionnelles que lors de saisons extrêmement favorables. Il est indubitablement difficile de trouver ou de développer un cultivar qui soit toujours supérieur à une variété locale adaptée au travers d'une sélection primitive mais continue, réalisée par des générations de fermiers. De telles variétés locales sont très bien adaptées à produire des rendements stables mais bas, étant donné les caractéristiques et contraintes de l'environnement. Toutefois, la supériorité des rendements effectifs et du rendement potentiel des hybrides F1

sur les variétés de nombreuses espèces en conditions extrêmes montre que les variétés n'ont pas atteint l'idéal génétique. Vu l'immense variabilité génétique du germeplasme mondial du sorgho et les méthodes modernes de manipulation de cette variabilité, il est peu méritoire de la part des phytosélectionneurs d'accepter le status quo des variétés traditionnelles.

Cela ne veut pas dire que, dans l'ensemble, les nouvelles variétés produites dans les pays en voie de développement aient eu beaucoup de succès. Certains cas, tel l'échec de la variété améliorée de sorgho L-30 au Niger, sont facilement explicables. Bien qu'elle soit extrêmement productive en station d'essai dans tout le Sahel, cette variété dispose de caractéristiques peu désirables au niveau de la qualité du grain, telles un bas rendement en farine, une farine décolorée et des produits alimentaires d'une couleur peu désirable. De plus, cette variété n'est pas toujours supérieure en milieu réel et est incontestablement inférieure à des variétés locales dans de nombreuses conditions de stress.

Néanmoins, le manque de succès n'est pas lié à l'inabilité des techniques modernes de sélection à produire une meilleure variété que les variétés traditionnelles. Par contre, cet échec est lié au manque d'essais adéquats de sélection de variétés améliorées et de celles introduites sous différentes conditions environnementales (l'interaction génotype-environnement) y compris les conditions en milieu réel. De tels essais permettent de s'assurer de la stabilité de leur rendements.

A sa naissance, le programme de sélection du sorgho de l'INRAN sélectionnait en fonction du nombre de grains par panicule. Le résultat a été une forte production de grains de faible qualité due à une compaction excessive du panicule et aux dommages causés par les insectes protégés des prédateurs par la forteresse constituée par le panicule serré. De ce fait, la plupart du matériel a été éliminé. Les critères principaux du programme de sélection sont maintenant l'émergence, la vigueur des plants et la capacité d'établissement.

En maintenant le fait que la sélection des plantes peut donner des variétés supérieures aux variétés locales, l'auteur ne préconise pas que des ressources nationales précieuses soient consacrées à ce programme de sélection bien que des variétés locales donnent des rendements adéquats. Des améliorations agronomiques concernant les variétés locales peuvent à court terme être plus rentables que ne le serait la sélection de nouvelles variétés. De telles améliorations concernent, par exemple, l'espacement des plantes, la date de semis, le contrôle des résidus et la culture associée.

En outre, il n'est pas suggéré que la production de plantes hybrides soit le remède à une faible production agricole. Les hybrides peuvent être techniquement et économiquement inappropriés dans de nombreux pays à un certain stade de développement.

Néanmoins, dans le contexte de justifications politiques et économiques adéquates de ressources techniques suffisantes et d'améliorations relatives de l'environnement, les programmes de sélection peuvent à long terme

28

produire des variétés plus productives, aux rendements plus stables que les variétés traditionnelles. Il est également clair que le potentiel de rendements et les rapports économiques maximum obtenus grâce à des variétés améliorées requiert un accroissement de l'utilisation d'intrants fermiers.

3.2 Caractéristiques du sorgho au Niger

3.2.1 Caractéristiques des variétés traditionnelles locales

Les cinq genres de sorgho selon la classification de Harlan (bicolor, caudatum, durra, guinéa et kaffir) existent au Niger. Toutefois, les genres caudatum et durra sont les plus communs. Le genre guinéa domine dans la zone sud qui bénéficie de fortes précipitations. C'est également dans cette région que pousse le sorgho le plus haut (de 3 à 5 m) et possédant le plus long cycle. Dans la zone principale du sorgho (350 à 650 mm de précipitations), la hauteur des plantes s'échelonne entre 2 et 3 m et le cycle de maturité entre 90 et 120 jours. Quelques variétés (Tera-Tagazoni-Djiratwa) possèdent trois gènes de nanisme et mesurent environ 1 m; ce sont probablement des cultivars américains introduits au Niger par les envois d'aide alimentaire.

La compacité des panicules s'échelonne entre le guinéa très espacé et le durra très compact. Les genres caudatum, kaffir et bicolor sont compris dans cette échelle. Un aperçu de la couleur des variétés locales nigériennes révèle la distribution suivante: blanc (52%), rouge (32%), brun (7%), jaune (5%). Dix-huit pour cent des variétés locales possèdent une couverture pigmentée (testa). Des variétés à graines jumelées ont été identifiées (Corbi et Zanfura). Des plantes foncées, sans pigment anthocianine ont également été identifiées (El Bilan, Mourmouré). Le sous-genre mebraceum avec de longs glumes à texture de papier qui recouvre entièrement la graine est aussi représenté (Makofo Dawayo et Sammi). Ces sorghos sont appelés "sorgho aveugles et malins" en référence à la protection engendrée par les glumes contre certaines pestes. On a aussi découvert un sorgho doux aux tiges juteuses et riches en sucre, généralement appelée "Takanda".

Tous ces types de sorgho sont groupés en fonction de leur adaptation aux sols dunaires et aux sols plus lourds des vallées. Il arrive souvent qu'une espèce de dune soit aussi adaptée au sol de vallée mais la réciproque est moins fréquente; les variétés dunaires possèdent des adaptations spécifiques au stress des sols sablonneux du Niger, c'est-à-dire la fertilité faible, l'acidité, les températures élévées, les vents de sable et le manque d'eau.

Le sorgho de décrue cultivé dans l'est du Niger, prés du lac Tchad, est semé sur les sols humides lors du recul du lac ou dans des bas fonds où se trouve l'humidité résiduelle. Ce sorgho est généralement du type Indian Duru, avec des panicules très compacts et ronds. Sa capacité à produire une récolte en grain seulement à partir de l'humidité résiduelle révèle une remarquable utilisation de l'eau grâce à un système racinaire très développé. Les variétés locales nigériennes semblent être résistantes à la plupart des insectes (cécidomyie, mouche du pied) et des maladies (char-

21

bons). On n'a pas identifié de résistance à la plante parasitaire *Striga hermonthica* dans les cultivars locaux.

3.2.2 Amélioration des variétés locales

Le premier effort de sélection de sorgho au Niger a débuté avec la création de l'IRAT en 1964 et concernait la purification de certaines variétés locales, choisies pour leur rendement, leur adaptation et leur plasticité. En 1965, les variétés Bagoba (Durra), Jan Jaré (Caudatum), Gourma (Guinéa caudatum), El Mota (Guinéa caudatum)et Babbadiah (Durra) ont été améliorées par sélection massale et mises à la disposition des fermiers. La sélection massale des variétés locales s'est poursuivie dans le cadre de l'INRAN avec des variétés locales additionnelles, notamment El Mota, N'Gabiri Kimé, Boutouri Harta, Guimba Hamo, et Arbi Baba Hamo.

3.2.3 Variétés améliorées

Un programme concernant le développement de nouvelles lignées, utilisant une sélection de pedigree, a débuté en 1964 sous l'IRAT et s'est poursuivi sous l'INRAN lors de sa création en 1975. Les variétés testées et actuellement disséminées sont:

- L-30 (137-62 x Jan Jaré) sortie en 1974 pour la culture en sol de vallée,
- 1/2 MSB (CK612 x MSB 67-17) sortie en 1977 pour la culture en sol de vallée,
- A4D4 8-2-3 (MS60 x BDF) x (MS605 x BDF) sortie en 1977 pour la culture en sol dunaire.

Ces variétés testées sont de hauteur moyenne (2 à 2,5 m) et ont des panicules semi-compacts (A4D4) ou compacts (L-30 et 1/2 MSB.) La variété A4D4 a des grains blancs moyens; 1/2 MSB est une plante hâlée avec de petits grains jaunes; L-30 a des grains blancs mais avec une couverture pigmentée (Testa). Le rendement optimum du grain décrit par les documents de vulgarisation technique de l'INRAN (INRAN, 1987) est de l'ordre de 2.500, 3.000 et 3.500 kg/ha respectivement pour A4D4, L-30 et 1/2 MSB. Leur rendement potentiel a été confirmé par les rendements d'essais régionaux (INSAH, 1984) d'un bout à l'autre du Sahel, de 1981 à 1984.

Une autre série de lignées développées par l'IRAT et l'INRAN n'ont pas encore montré de performances suffisantes dans les tests à multilocaux pour justifier leur utilisation. Ces lignées comprennent:

- SST 73-11 (SA 10015 x Pickett 147), et
- SST 722-20 et-7 (Pickett 147 x L.E).

Ces nouvelles lignées sont destinées à des sols de vallée et à une production irriguée (Chantereau et Adamou, 1977).

3.3 Critères de sélection du sorgho du programme actuel de l'INRAN

3.3.1 Etablissement de la culture

Des cultures bien adaptées au sol local et aux conditions climatiques sont nécessaires pour obtenir un bon établissement. Bien que le sorgho ait la capacité de compenser un mauvais établissement par un taillage accru et un accroissement du nombre et de la taille des grains, cette compensation est rarement totale et ne permet pas d'endiguer la baisse de rendement due à une densité plus basse. Les graines à haut pouvoir germinatif et à émergence vigoureuse contribuent à un bon établissement. Ces graines et ces plants doivent pouvoir tolérer les hautes températures du sol, la dessiccation engendrée par les vents de sable et une pluviométrie déficiente.

3.3.2 Cycle de maturité

Les cultivars précoces (85-100 jours de maturité) et de cycle intermédiaire (100 à 115 jours de maturité) sont adaptés à la saison des pluies (juin à septembre) au Niger. Des variétés à maturité plus tardive sont extrêmement susceptibles à la sécheresse de fin de saison, aux moucherons et au charbon. Même en cultures irriguées, une maturité intermédiaire est préférable de manière à réduire les coûts d'irrigation et à permettre une préparation adéquate des champs, en vue d'une seconde culture. Néanmoins, avec des variétés peu sensibles à la photopériode, les dates de semis doivent être ajustées à la saison des pluies, pour empêcher que la maturité ne soit atteinte avant que la pluie ne cesse ou que de sérieux dommages dûs à la moisissure ne se produisent.

3.3.3 Hauteur des plantes

Pour la plupart des régions du Niger à culture de sorgho, des hauteurs intermédiaires de plantes (1-1,5 à 2-2,5 m) sont préférables. Les plantes plus courtes ont normalement un potentiel de rendement plus faible et l'utilisation secondaire des pailles est limitée. Les plantes de plus de 3 mètres avec des panicules de taille moyenne sont enclines à verser et moins appropriées pour des cultures associées avec une légumineuse. D'un autre côté, une plante de l'ordre de 2 mètres bénéficie d'un rendement potentiel presque maximum, est moins susceptible de verser, est adaptée à la culture associée et fournit des tiges et des feuilles très utiles dans la construction et l'alimentation du bétail.

3.3.4 Configuration du panicule et taille des graines

Une plante adaptée au Niger devrait comporter un panicule large et semi-compact bien dégagé de la dernière feuille. Le rendement maximum est généralement associé à un nombre élevé de graines de dimension moyenne par panicule. Les graines qui sont trop serrées produisent un panicule compact et augmentent le risque de dommages causés par des insectes affectant le panicule. D'autre part, des panicules larges et ouverts sont caractérisés par un très faible nombre de graines. La taille de la graine est corrélée de manière négative avec le nombre de graines et de ce fait une large

taille de graines est associée à un faible nombre de graines. Des graines de très petites tailles présentent des difficultés au moment du battage et de la décortication. De longues glumes couvrant partiellement ou totalement le grain réduisent les dommages causés par les mouches d'épis.

3.3.5 Caractère de non-sénescence

La non-sénescence est un caractère génétique utile qui maintient en bonne santé les feuilles vertes durant toute la croissance, ce qui n'est pas le cas d'autres plantes qui, à maturité, ne conservent que quelques feuilles vertes. Le caractère de non-sénescence semble être lié à la tolérance à la sécheresse. Il semble être aussi associé à la résistance aux maladies foliaires, à la pourriture des tiges et à la verse. Après la récolte des grains, les plantes possèdant cette caractéristique génétique ont une valeur nutritive plus élevée pour le bétail que les plantes sèches et sénescentes utilisées habituellement pour le fourrage.

3.3.6 Qualité du grain

Le programme d'amélioration du sorgho, réalisé par l'INRAN, insiste sur la qualité céréalière comme facteur important dans le choix du fermier. La qualité du grain est jugée en fonction des caractères morphologiques (couleur et épaisseur du péricarpe, présence ou non d'une couche colorée, texture de l'endosperme) ainsi que par des analyses de laboratoire ou au moyen d'essais et sondages menés au niveau du village. Au Niger, les graines blondes ou jaunes, sans couche colorée, sont préférées aux rouges ou brunes ou à couche colorée et produisent une farine de mauvaise couleur.

L'absence de pigment anthocyanine dans les glumes des plantes tannées contribue à une bonne qualité des grains. Des dommages causés aux plantes pigmentées par les insectes (plantes de couleur rouge ou violette) engendrent des grains et de la farine décolorés. Les grains ovals ou ronds se décortiquent plus vite et de manière plus uniforme que les grains plats. Les grains à endosperme doux et farineux présentent des inconvénients à la décortication et à la séparation entre farine et son. Un grain au péricarpe épais se séparant facilement de l'endosperme facilite la décortication.

3.4 Programme de l'INRAN pour la sélection du sorgho dans le cadre du PARA

Le financement du programme de l'INRAN pour la sélection du sorgho a nécessité une approche équilibrée aussi bien en ce qui concerne les objectifs et les techniques de sélection employées que pour la provenance du matériel de sélection utilisé. Le germeplasme local a été utilisé au moyen de prospections de plantes et des collections existantes de variétés locales. On a aussi introduit du germeplasme exotique provenant d'autres pays africains, d'autres programmes de sélection aux Etats-Unis ainsi que d'organisations internationales concernées par la recherche sur le sorgho (ICRISAT, INTSORMIL). Les capacités de ces germeplasmes ont été évaluées par le biais de pépinières d'observation et d'essais comparatifs de rende-

ment. Les cultivars prometteurs sont exploités en tant que nouvelles variétés ou lignées ou sont incorporés dans le programme de sélection.

Le programme de sélection comprend une sélection massale pour améliorer et conserver les variétés existantes, une sélection de pedigree et une amélioration de la population, afin de développer de nouvelles lignées. Le programme de développement des hybrides tend à développer du sorgho hautement productif pour des terres plus fertiles et des périmètres irrigués. Ce programme est relativement court, avec des hybrides appelés à être distribués dans les cinq ans. L'approche pour la sélection de pedigree tend à produire de nouvelles lignées à moyen terme, dans les huit à dix prochaines années. L'amélioraton de la population est vraiment un objectif de long terme; dix à quinze ans s'écouleront avant qu'on obtienne de nouvelles lignées.

Le programme de sélection se concentre avant tout sur la culture du sorgho en sols de vallée, plus fertiles et plus productifs, concédant au mil et au sorgho localement adaptés leur supériorité dans les sols sablonneux plus acides, moins fertiles et sujets à la sécheresse. Néanmoins, les sols dunaires sont largement utilisés pour mener des essais sur les variétés locales et pour évaluer des variétés prometteuses en conditions difficiles.

Le programme d'amélioration du sorgho a pour but de développer de nouveaux cultivars adaptés aux conditions agricoles nigériennes avec des rendements élevés et stables, une bonne qualité de grains et une résistance aux stress biologiques (insectes, maladies et mauvaises herbes) aussi bien qu'aux stress physique ou climatique (sécheresse, acidité du sol, et températures élevées).

3.4.1 Résultats obtenus dans la sélection du sorgho dans le cadre du PARA

Les tests sur les variétés locales, améliorées et introduites, sont un aspect important d'un programme d'amélioration dont l'objet est d'identifier des variétés productives pouvant être utilisées par les fermiers, avec peu ou pas de manipulations génétiques. Les variétés locales provenant des différentes zones écologiques du Niger sont récoltées et placées dans des essais de rendement à travers le pays. Les variétés les plus prometteuses en termes de rendement potentiel et de stabilité vis-à-vis des différents environnements sont alors soumises à un ou deux cycles de sélection massale, principalement dans le but de les purifier pour éliminer les types non désirables et pour augmenter l'uniformité du type de plante, particulièrement en ce qui concerne sa hauteur, sa maturité et la forme du panicule.

3.4.2 Variétés locales

Les tableaux 3.1 et 3.2 fournissent les performances relatives des variétés locales en termes de pourcentage du rendement moyen des essais par site et entre sites pour les campagnes 1986 et 1987 respectivement. Dans le tableau 3.1, la valeur moyenne de 130% du rendement moyen des essais

pour NGK, sur la plupart des sites était la plus élevée de toutes les variétés en 1986, indiquant une performance supérieure de cette variété dans de nombreux endroits, particulièrement sur sols dunaires. Seuls les sols de vallée de Kolo (91%) et Tarna (97%) ont donné des rendements de NGK plus faibles que la moyenne des essais.

Les témoins des variétés locales (114%), AJB (113%), GH (104%) et GM (100%) sont égaux ou supérieurs au rendement moyen des essais dans tous les emplacements. Les autres variétés, BDF, BG et Terra, ont toutes donné un rendement plus faible que la moyenne, ceci pour les neufs sites, et indiquent ainsi une plus grande instabilité de rendement.

En 1987, les rendements de BH (134%), EM (126%) et GH (123%) étaient les plus élevés pour les six sites. Le contrôle local (105%) était légèrement supérieur à la moyenne dans tous les sites, aussi bien pour le sol dunaire que pour celui de vallée. La variété GH était supérieure sur le sol de vallée mais nettement inférieure dans les deux sites d'essais en sol dunaire, Magaria (52%) et Tarna (37%). La variété NGK se situait juste en-dessous de la moyenne des essais dans l'ensemble des emplacements mais était nettement supérieure aux rendements moyens des deux sites à sol dunaire, 163% et 180%. Les variétés Terra et BG se sont avérées être les moins productives et les moins stables vis-à-vis des différents environnements. En conclusion, la variété EM a montré des performances consistantes de rendement élevé, égales ou meilleures que les moyennes des essais dans la plupart des emplacements et pendant deux ans. Elle a montré une bonne adaptation et une stabilité de rendement aussi bien en sol dunaire que de vallée. NGK a également manifesté une bonne stabilité de rendement durant les deux années et d'excellentes performances en sol dunaire. La variété GH, cultivée seulement en 1987, est très productive en sol de vallée mais mal adaptée à la culture en sol dunaire. La variété BH montre également une bonne productivité ainsi qu'une bonne stabilité sur tous les sites en 1987, mais ses performances de rendement étaient inférieures à la moyenne sur quatre sites en 1986.

La collection de 369 variétés nigériennes de sorgho issues de la collection mondiale a été réintroduite par le biais de l'ICRISAT en 1983. Le germplasme a, depuis, été évalué pour ses caractéristiques en termes de qualité de grain et de performances agronomiques. Trois des entrées les plus prometteuses (SN 313, 363 et 228) ont été testées dans des essais préliminaires comprenant des variétés locales et étrangères sur trois sites. Elles ont été classées respectivement première, seconde et quatrième en matière de rendement moyen sur trois sites. Les rendements pour SN313, 363 et 228 ont été respectivement de 1323, 1338 et 1153 kg/ha, comparés au rendement moyen de l'essai de 705 kg/ha. Ils seront par la suite comparés à ceux d'autres variétés locales améliorées et à performance élevée, en 1988 et dans les années suivantes.

3.4.3 Variétés introduites

3.4.3.1 Essais de rendements

En 1983, le Programme sur le Sorgho a reçu de l'Université Purdue 110 lignées de sélection pour évaluation; ces lignées possédaient une bonne qualité de grain. Elles ont été semées à Kolo en bancs d'essais, en 2 rangées sans réplication. Une variété, SEPON 82 (M90382), originaire de l'ICRISAT/Hyderabad, a produit l'équivalent de 3,265 kg/ha de grain. Elle a été sélectionnée pour d'autres tests de rendement avec des variétés améliorées, comprenant L-30, 1/2 MSB A4 D4, SST 722-7 et SST 731-11. Le Tableau 3.3 résume les résultats de quatre saisons d'essais. En 1985, à Birni N'Konni, elle a produit 3265 kg/ha en comparaison à 3277 kg/ha pour le rendement moyen de l'essai et 3750 kg/ha pour la production la plus élevée (SST 771-38-4). En 1986, elle a produit le meilleur rendement, avec 3372 kg/ha à Bengou, 1830 kg/ha à Lossa, et un rendement supérieur à la moyenne de l'essai à Konni, avec 1371 kg/ha comparé à 1147 kg/ha. En 1987, c'était également le meilleur producteur avec 2608 kg/ha à Konni et un rendement légèrement inférieur à la moyenne de l'essai des trois autres sites. Dans un essai mené par l'Ecole d'Agriculture de Kolo (IPDR) en système irrigué pendant la contre-saison 1987-88, SEPON 82 a de nouveau constitué la meilleure entrée, produisant le rendement impressionnant de 7,299 kg/ha. SEPON 82 est une plante hâlée, avec un grain de bonne qualité. Elle atteint 1 à 1,5 m de hauteur et son cycle de maturité est de 100 à 110 jours en fonction de sa situation et de la date de semis. Elle est en train de subir des essais agronomiques de pré-vulgarisation avant d'être distribuée pour la culture sous conditions pluviales en sol de vallée ou sur périmètre irrigué. Cette variété est aussi utilisée dans le programme de sélection végétale pour des croisements avec des variétés locales et introduites.

3.4.3.2 Résistance au *Striga* et essais de rendements

Les études sur la résistance du sorgho au *Striga* (*Striga hermonthica* Del Benth.), ont débuté en 1986 avec l'arrivée d'un associé de recherche de Purdue. Six variétés résistantes ont été comparées à quatre cultivars locaux (trois variétés locales et une améliorée) pour leur rendement et leur résistance au Striga. Les essais ont été conduits sur différents sites durant les saisons de cultures 1986 et 1987. Les rendements et les nombres de plantes de *Striga* par poquet sont reportés dans le Tableau 3.4, pour la meilleure variété résistante (SRN 39) et les cultivars locaux. Le rendement de SRN 39 (926 kg/ha) sans *Striga* était quelque peu inférieur à celui obtenu avec les cutlivars locaux, à 86% du rendement moyen des quatre cultivars locaux (1071 kg/ha) en 1986.

Lors d'une forte infestation de *Striga*, les cultivars locaux furent presque entièrement détruits, produisant de 0 à 77 kg/ha, alors qu'un rendement de 1626 kg/ha était obtenu avec SRN 39. SRN 39 n'était infectée que par le quart ou la moitié du nombre de plantes de *Striga* ayant infecté les cultivars locaux. En 1987, année sans *Striga*, SRN 39 a produit 1807 kg/ha, soit 96% du rendement moyen des cultivars locaux qui était de 1879 kg/ha. Bien que les taux de *Striga* aient été élevés dans les essais

infectés en 1987, les rendements n'ont pas été aussi sévèrement affectés; le rendement moyen des cultivars locaux a été de 1606 kg/ha contre 2,503 kg/ha avec SRN 39. Toutefois, les nombres de plantes de *Striga* infectant SRN 39 ont radicalement diminué, avec en moyenne une seule plante par parcelle échantillonnée, en comparaison avec une moyenne de 305 plantes pour les cultivars locaux. SRN 39 est une variété naine (1 m de haut), de courte saison avec approximativement 100 jours jusqu'à maturité. Au Soudan, cette variété a montré une bonne résistance au *Striga* (ICRISAT). Elle est hâlée et possède un grain jaune de bonne qualité. Nous pouvons conclure que la résistance de SRN 39 a été démontrée et que cette variété devrait être cultivée à la place des cultivars locaux dans les régions fortement touchées par le *Striga*. Les investigations concernant la résistance et le rendement potentiel de SRN 39 se poursuivent dans le but de permettre son utilisation dans les deux à trois prochaines années. Des études complémentaires sur l'effet des engrais azotés et du labourage sur les taux d'infection du *Striga* ont été effectuées. Hess et Gebisa (1987) ont déterminé qu'une application de 100 kg/ha d'urée réduisait de manière significative le nombre de plantes de *Striga*, en retardant la floraison et en augmentant la quantité de paille et le rendement en grain du sorgho. Le nombre de plantes de *Striga* variait sensiblement selon le mode de préparation des champs. Les parcelles non labourées étaient moins infectées que les parcelles hersées, labourées et sur lesquelles le billonnage cloisonné était pratiqué. Ces résultats suggèrent que les modes de culture combinés à l'utilisation de variétés résistantes peuvent réduire les dommages causés par le *Striga*.

3.4.3.3 Tolérance à la sécheresse et adaptation au sol dunaire

Dix lignées tolérant la sécheresse, deux témoins susceptibles et trois variétés locales de sorgho dunaire ont été semés en 1985 et 1986 à la station de Kolo sur un sol sablonneux enclin à la sécheresse, afin de tester leur tolérance vis-à-vis de celle-ci et leur adaptation au sol acide. Parmi les cultivars introduits, seul l'hybride F1, Hageen Durra (ATx623 x Karpen 1597) développé au Soudan, se comportait aussi bien que les variétés locales, Bagoba, Babadia Fara et El Mota. Bagoba a donné le meilleur rendement en grain de 1986, avec 1667 kg/ha, suivi par Hageen Durra qui a produit 1467 kg/ha alors que la moyenne de l'essai s'élevait à 725 kg/ha. En 1985, l'ordre était inversé: Hageen Durra a produit 1659 kg/ha et Bagoba 1115 kg/ha. Ces résultats montrent l'adaptation remarquable de l'hybride à des conditions difficiles.

3.4.3.4 Dommages causés par les parasites de panicule et résistance à ces parasites

Des essais comparatifs effectués entre des entomologistes de l'Université A & M du Texas (TAMU) membres de l'INTSORMIL, et les sections entomologiques du Programme d'Amélioration du Sorgho de l'INRAN, ont été menés en 1985 et 1986. Steck et Maiga (1986) ont évalué les pertes de rendement dues aux parasites du panicule (principalement les espèces *Eurystylus marginatus*) à respectivement 14% et 42% pour une variété locale (El Mota) et une variété introduite (Mali-2). Une perte en vitrosité du

grain (une mesure de la détérioration du grain) était respectivement de 19% et 21% pour ces mêmes cultivars. Deux autres variétés, Makafo Dawayo, une variété locale à longues glumes et Mali-1, un cultivar introduit possédant aussi de longues glumes, ont attiré peu d'insectes et n'ont subi que peu de dommages. Une corrélation a été établie entre le caractère "longues glumes" et une réduction des dommages causés aux panicules par les insectes. Il faut s'attendre à ce que les parasites de panicule deviennent un problème croissant, d'autant plus que les variétés nouvelles et introduites seront de plus en plus utilisées par les fermiers nigériens. Ce problème nécessitera donc une attention accrue.

3.4.3.5 Résistance au charbon allongé

Le charbon allongé, causé par le champignon pathogène *Tolyposporium ehrenbergii*, est devenu plus courant au Niger lors des sécheresses des années 80. Depuis 1982, des notes sur la sensibilité au charbon ont été prises par le phytosélectionneur du PARA à Kolo. Certains cultivars, tels les variétés locales Tera et Tagazoni ainsi que la lignée introduite de TAMU, BTx378, se sont souvent avérées résistantes au charbon, ou seulement très partiellement attaquées. D'autres variétés, comme la variété locale à endosperme jaune, Koara Korgom, les variétés améliorées A4D4 et A ainsi que les lignées BTx623 de TAMU ont été affligés d'un grand nombre de sores de charbon. En 1987 et en 1988, des inoculations artificielles ont été effectuées à l'aide de spores de charbon par un phytopathologiste d'INTSORMIL travaillant à TAMU et par un coopérateur du Soudan (Frederikson 1987). La mise au point d'une technique efficace d'inoculation permettra à l'INRAN de mener un programme de sélection de résistance contre cette maladie.

3.4.4 Sélection de pedigree

La manipulation du germeplasme pour le développement de nouvelles lignées au moyen de la sélection de pedigree a été l'approche principale du programme de sélection durant les six années du PARA. Outre le matériel généré par croisement de variétés locales et exotiques, et ce par l'INRAN et les phytosélectionneurs du PARA, d'autres matériels de sélection provenant de générations F1 à F6 ont été fournies en vue de leur évaluation par l'ICRISAT et l'Université Purdue, celles du Nebraska et du Texas A&M. Le développement de nouvelles lignées par cette méthode inclut une sélection pour le rendement, la stabilité du rendement, l'établissement de la culture, la qualité du grain et la résistance à la verse, aux insectes et aux maladies. Le matériel le plus performant a été trouvé à la génération F7, en 1988. En 1987, 14 des 19 lignées F6 ont eu un rendement supérieur au contrôle L-30, dans un essai reproduit à Kolo. Ce matériel de pedigree P967083 x lignées SEPON et P898012 X P967083 a un excellent potentiel de rendement, une bonne qualité de grain et une résistance à la verse. Le matériel sera utilisé dans des essais préliminaires de rendement en 1989, en compétition avec des lignées améliorées et introduites.

37

3.4.5 Amélioration de la population par sélection récurrente

Un programme de sélection de population a débuté avec le PARA et a été utilisé comme approche secondaire pour la sélection de nouvelles lignées. Par rapport aux autres approches de sélection, l'amélioration de population a l'avantage de permettre l'utilisation d'une large base de germeplasme, comprenant des centaines de croisements et de recombinaisons génétiques. Grâce à des cycles successifs de sélection récurrente et de recombinaison, cette base permet une amélioration progressive mais graduelle de la population dans son ensemble. Lorsque la population atteint un rendement potentiel élevé, des panicules individuels peuvent être sélectionnés dans le but de développer de nouvelles lignées, par sélection traditionelle de pedigree.

Deux populations nigériennes ont été établies en 1987; la population de Kolo (SPK) avec 50 variétés locales, et la population de Tarna (SPT) avec 60 variétés locales, en utilisant le gène mâle stérile (ms3) de la population PP-19 de Purdue afin de faciliter les croisements. Elles ont été croisées au hasard quatre fois, avec sélection de panicules mâles stériles (sélection massale par les femelles) de manière à entretenir la population. En 1985 et 1986, plusieurs centaines de mâles fertiles S1 ont été sélectionnés pour des tests de S1. Les résultats des tests S1 réalisés à Kolo et Tarna en 1986 et 1987, années de forte sécheresse, n'ont pas été encourageants. Des progrès évidents ont été réalisés en ce qui concerne l'établissement des plantes et leur précocité, mais le rendement potentiel de la S1 restait faible. En conséquence, il a été décidé d'ajouter à la population une dose de germeplasme d'élite possédant un rendement potentiel élevé, avant de poursuivre la sélection récurrente. Des croisements ont été effectués entre les deux populations et douze lignées élite, incluant SEPON 82, S35, P967083, 1/2 MSB et VG146.

Une troisième population a été créée en 1987, utilisant la population de Purdue PP34, et six lignées de sorgho résistantes au *Striga*. Cette population a été créée jusqu'à la F1 en 1987 et l'étude sous infestation de *Striga* débutera en 1988 avec la première génération de ségrégation (F2), à Birni N'Konni

3.4.6 Développement et évaluation des hybrides

Etant donné la nature presque entièrement vivrière de l'agriculture nigérienne, le climat marginal et le sous-développement du système de production de semences, l'utilité d'une recherche en hybridation au Niger est en question, et ce problème a été posé aux phytosélectionneurs de sorgho de l'INRAN et du PARA.

On observe une supériorité innée des hybrides F1 sur les variétés pollinisées naturellement,et ce dans de nombreuses cultures. Le sorgho n'est pas différent dans ce domaine. La vigueur hybride est responsable d'une meilleure croissance, d'une meilleure tolérance au stress et d'un rendement plus élevé que celui des espèces pollinisées naturellement. Ces dix dernières années, les variétés hybrides de maïs et de sorgho ont été largement responsables de la remarquable augmentation de la production

agricole dans les pays développés. Il est courant de penser que les hybrides ont besoin de croître en conditions optimales, c'est-à-dire sur des sols fertiles et avec de l'eau en abondance. Or, s'il est vrai que certains hybrides montrent leur rendement potentiel dans de telles conditions, l'effet tampon des hybrides les rend plus tolérants que d'autres variétés aux différents stress de l'environnement. Le succès des hybrides du sorgho dans certaines régions du Texas, d'Inde, d'Afrique de l'Est et du Soudan témoignent de leur capacité d'adaptation à des climats rudes. Les essais d'hybrides de l'INRAN reçoivent les mêmes quantités d'engrais que les essais variétaux.

Il existe un argument en faveur du retardement du développement des hybrides jusqu'à ce qu'une industrie de production de semence efficace et performante et une demande fermière suffisante justifient ce développement. Toutefois, puisque le gouvernement du Niger a décidé d'accélérer la production agricole à l'aide du soutien de donneurs multiples, la disponibilité d'hybrides adaptés et productifs peut servir à stimuler le développement d'autres hybrides.

Un autre malentendu concerne la nécessité d'investir dans une infrastructure massive permettant à l'industrie semencière de produire des hybrides. Alors que les économies d'échelle rendent généralement la production de semences plus attrayante à plus grande échelle, le niveau modeste de la production de semences hybrides de sorgho au Soudan, et dans ses premières années en Inde, montre que la production semencière peut être adaptée à la taille de la demande et aux capacités financières et techniques d'un pays. Les gouvernements et sociétés donatrices sont en train de considérer un accroissement du soutien au Programme National de Semences et au Service National de Vulgarisation. Les hybrides de sorgho peuvent avoir des effets positifs sur ces activités en fournissant des cultivars à haut rendement au Service de Production Semencière et au Service de Vulgarisation.

3.4.7 Résultats de l'hybridation expérimentale

L'IRAT a débuté ses recherches en hybridation du sorgho au Niger avant l'existence de l'INRAN, créé en 1975. Des rendements de plus de six tonnes par hectare ont été obtenus, mais la qualité de grain des hybrides était pauvre, car farineux et de couleur rouge (Chantereau et Moussa 1977). Sous le PARA, des essais de rendements ont été menés à la station de Tarna, de 1984 à 1987 (voir Tableau 3.5). Les meilleurs hybrides, utilisant des lignées A du Texas ou des variétés locales ou améliorées de lignées R, ont obtenu des rendements de 3,5 à 5,5 tonnes/ha. En 1986 un examen systématique des lignées parentales a été entrepris par l'INTSORMIL et par des étudiants diplômés du PARA qui ont effectué leur recherche de thèse au Niger. Kapran (1987) a souligné que la supériorité en rendement des meilleures hybrides sur les variétés locales et améliorées était élevée en conditions de cultures pluviales (49%) et irriguées (61%). Tyler (1987) a communiqué les niveaux de vigueur hybride à 127% pour les hybrides exotiques x exotiques, 83% pour les hybrides exotiques x variétés améliorées et 66% pour les hybrides exotiques x variétés locales. Les rendements des meilleurs hybrides et les rendements moyens se trouvent dans le Tableau

3.5, sous les essais numérotés 4 et 5. En se basant sur les analyses de laboratoire et sur des tests de qualité alimentaire, les deux auteurs estiment que les hybrides sont de qualité acceptable pour la préparation de la nourriture locale.

En 1987, des essais supplémentaires d'hybrides ont révélé un rendement avantageux des meilleurs hybrides sur les meilleures variétés de contrôle locales et améliorées. Les rendements des meilleurs hybrides à Kolo, qui n'a reçu que 410 mm de pluie, ont été de 2,5 à 3,5 tonnes/ha en comparaison à 1,5 à 2,5 tonnes/ha pour les témoins locaux. En général, les hybrides créés à partir de parents mâles de variétés améliorées ont été les plus productifs. Les hybrides à parent mâle de variétés locales, malgré leur rendement élevé, étaient de haute taille, de cycle long et avaient tendance à verser. Le parent femelle de TAMU, ATx623, dispose d'une excellente capacité combinatoire de rendement. La plante femelle hâlée, ATx631, avait aussi une très bonne capacité combinatoire, mais une meilleure qualité de grain, particulièrement en combinaison avec une lignée mâle hâlée. La lignée A de Purdue, P954066, possédait la meilleure capacité de combinaison avec les variétés locales. Les lignées R prometteuses comprennent MR732, MR 747, Su Cr 36, SST 722-7 et SST 722-20. Les essais en village, pour la préparation, la qualité et le goût de la nourriture et menés par le DECOR et le Laboratoire de Qualité Céréalière de l'INRAN, confirment l'accueil favorable réservé par les fermiers à deux hybrides, Hageen Durra et ATx378 x RTx430 (Adamou, 1986).

3.5 Programme de l'INRAN pour l'amélioration du mil

Le mil perlé *Pennisetum americanum* est la source de nourriture la plus importante au Niger et est très bien adapté à toutes les zones agricoles du pays. En plus de toutes les contraintes de l'environnement discutées dans la section 2.1, Jika *et al.* (1988) ont établi la liste suivante de contraintes biotiques importantes concernant la production du mil:

- les maladies (spécifiquement le charbon et le mildiou), les insectes ('head girdler', borer des tiges, etc.), et les plantes parasitaires (*Striga*)

- le germeplasme représenté par de vieilles populations locales de faible productivité mais bien adapté aux conditions écologiques du pays et aux pratiques culturales traditionnelles.

L'objectif principal du programme d'amélioration du mil est de mettre à la disposition des fermiers des variétés productrices grâce à: 1) l'amélioration des populations locales dans le sens d'une production accrue de grain de bonne qualité, et 2) la création de variétés nouvelles aux rendements plus stables et plus élevés, résistantes aux insectes et aux maladies et adaptées aux conditions agro-climatiques régnant dans les principales zones de production.

Comme dans le cas du sorgho, le programme de sélection du mil a débuté avec l'IRAT. Une sélection massale a été utilisée pour améliorer les variétés locales. Au Niger, cette méthode a été utilisée pour les variétés

Haini Kirei en 1967 afin de produire des populations de Haini Kirei normales (HKN) et précoces (HKP) (Niangodo et Ouendeba, 1986). La sélection par récurrence a été utilisée avec la variété locale Zongo, mais le résultat ne manifestait pas un rendement en grain supérieur à la variété originale. Un test récurrent avec un test de S1 a également été réalisé sur la population HKP mais les rendements obtenus n'étaient toujours pas avantageux. En 1974, le composite intervariétal CIVT était introduit en combinant les S1 issues de la recombinaison de trois variétés locales (Niangodo et Ouendeba 1986). Des populations naines, 3/4 Haini Kieri et 3/4 Ex Bornu, ont été développées en introduisant des gènes de nanisme provenant du Sénégal.

Le programme de sélection de l'INRAN a maintenu les cultivars nigériens, P3 Kolo, HKP, 3/4 HK et CIVT, et développé de nouvelles variétés productives à partir de populations locales en utilisant la sélection par récurrence, la sélection massale et la sélection de pedigree (Jika *et al.*, 1988). Les phytosélectionneurs de mil de l'INRAN ont également développé une approche de sélection permettant d'exclure les types semi-sauvages "chibra" des populations locales sans en changer les caractéristiques variétales essentielles. Les phytosélectionneurs ont aussi produit des versions précoces de ces populations locales.

Dans le cadre du PARA, les essais de rendement étaient menés sur plusieurs sites afin de comparer les variétés locales améliorées et les nouvelles variétés avec des variétés améliorées déjà vulgarisées, comme témoins. Les résultats rapportés ici sont extraits de Jika *et al.*, 1988.

3.5.1 Variétés locales améliorées à cycle précoce

Sept variétés précoces (MO-P1, ANK-P1, HKP3, HKP Tift, H-80, 10GR et ITMV 8304) ont été testées aux stations de Tarna, Kolo et Konni avec HKP comme variété contrôle. A Tarna, Moro P1 et HKP3 ont obtenu des rendements moyens de 676 et 477 kg/ha respectivement, soit supérieurs de 32 et 16% au rendement du témoin précoce HKP dont le rendement total pour les cinq années 1983-1987 s'élève à 1264 kg/ha. A Kolo, seule la variété ANK-P1 a produit un rendement moyen supérieur (14%) à HKP, 1159 kg comparés à 1015 kg. De 1985 à 1987, toutes les variétés testées étaient supérieures à HKP qui a produit en moyenne 1228 kg/ha pour la période de trois ans. Les rendements des variétés testées s'échelonnaient entre 1275 kg (HKP Tift) et 1843 kg/ha (MO-P1).

3.5.2 Variétés locales améliorées à cycle moyen

Onze variétés améliorées ont été comparées à la variété de contrôle CIVT, sur quatre sites. A Tarna, les variétés OG-P1, HKP-P1 et ITMV 8001 ont produit des rendements supérieurs de 32% à celui de CIVT, qui produit 748 kg/ha. ITMV 8001 a donné un rendement supérieur de 72% (1287 kg) à celui de CIVT. A Bengou, le rendement de CIVT était de 2501 kg/ha durant la période de cinq ans allant de 1983 à 1987, surpassant toutes les variétés testées. A Konni, durant les saisons 1985-1987, trois variétés, BA-P1, TB-P1 et T18L, ont produit 9% de plus que CIVT (148 kg/ha).

3.5.3 Nouvelles variétés de mil

De 1985 à 1987, trois nouvelles variétés issues du programme de l'INRAN pour la sélection du mil, ont été comparées pour leur rendement avec CIVT, à Kolo, Tarna et Bengou. A Kolo, les rendements moyens de ces nouvelles variétés, Syn 81-T (747 kg), PT1-2 (694 kg), et TRH 80T (630 kg) ont été supérieurs à CIVT (574 kg/ha). A Tarna, seule PT1-2 (1394 kg) s'est révélée supérieure à CIVT (1313 kg). A Bengou, le rendement moyen de CIVT cumulé sur trois années (1920 kg/ha) était supérieur au rendement des nouvelles variétés.

De 1983 à 1987, les résultats des rendements des essais à différents emplacements montrent de nets progrès en ce qui concerne l'amélioration du rendement à l'aide de variétés locales améliorées et de variétés nouvelles issues du programme de sélection du mil. L'adaptation des matériaux nouveaux semble être liée au site et l'on devrait recommander différentes variétés pour différentes zones.

3.6 Sélection du niébé pour la résistance aux insectes

Le niébé est la principale légumineuse de consommation au Niger. Il est cultivé aussi bien pour ses gousses que pour ses fanes. La production combinée de niébé au Niger et au Nigéria représente 50% de la production mondiale (Rachie, 1985). Les rendements du mil sont généralement bas en Afrique (200 à 300 kg/ha) et ce qui est principalement attribué aux pertes causées par des insectes qui attaquent les grains du stade de la plante à celui du stockage (Jachai et Daoust, 1986).

Les dégâts principaux sont causés par les insectes mineurs de légumineuse, *Maruca testulalis*, les insectes suceurs de gousse, *Clavigralla tomentosicollis* et *Riptortus dentipes*, les aphides du niébé, *Aphis craccivora*, les thrips des fleurs, *Megalurothrips sjostedti*, et deux insectes nuisibles dans le phase de stockage, *Bruchidius atrolineatus* et *Callosobruchus maculatus*. Un effort important a été entrepris depuis plusieurs années par l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), à Ibadan, au Nigéria, pour découvrir des sources de résistance à ces insectes. Presque toute la collection mondiale de niébé a été examinée et certaines espèces résistantes à l'aphide du niébé, aux thrips des fleurs, et au *C. maculatus* ont été identifiées.

Le programme de l'INRAN pour l'amélioration du niébé a concentré ses efforts sur les effets de deux insectes pour lesquels deux sources de résistance ont déjà été identifiées: le thrips des fleurs et la bruche du niébé, *C. maculatus*.

3.6.1 Le thrips des fleurs

Les chercheurs de l'IITA ont identifié TVu 1509 comme une variété modérément résistante aux thrips et ont utilisé ce cultivar comme parent dans le développement du cultivar TVx 3236, qui est une variété améliorée et résistante au thrips. L'IITA rapporte qu'un mécanisme d'antibiose est à l'origine de la résistance de cette variété. Des études ont montré que

47

le nombre de thrips trouvés sur les plantes de TVx 3236 est significativement plus bas que pour d'autres variétés. En outre, TVx 3236 souffre nettement moins que d'autres cultivars des dégâts dûs aux thrips dans les parcelles non traitées. TVx 3236 et TVu 1509 ont été croisés avec quelques cultivars nigériens prometteurs et des études ont été entreprises afin de mettre au point une méthode efficace d'examen des thrips qui puisse être utilisée pour trier un grand nombre de lignées de sélection. Durant la campagne de 1984, des essais en champs ont été menés aux stations de recherche de Tarna et Bengou. Les résultats de ces essais suggèrent les remarques suivantes:

- En comptant les thrips dans les fleurs non écloses, avant 11 heures du matin, on peut mettre en évidence des différences significatives entre les lignées résistantes et sensibles, même lorsque la population de thrips est basse.

- Si la population de thrips est adéquate à une date donnée, il suffit de trier les variétés une seule fois; ceci permet le contrôle d'un plus grand nombre de lignées à chaque saison.

- En diminuant la taille des rangées entre les blocs (de 4 à 2 m) et en augmentant le nombre de blocs, on augmente la précision du tri.

- Il n'existe pas de corrélation significative entre le nombre total de fleurs par rangée et le nombre de thrips présents.

- Plusieurs facteurs environnementaux peuvent causer des dégâts similaires à ceux engendrés par le thrips de fleurs; jusqu'à ce que ces facteurs soient contrôlés de manière efficace, aucune méthodologie d'évaluation des dégâts ne peut être recommandée.

- A la station de Bengou, on a constaté des différences significatives entre cultivars dans le nombre de thrips présents. Le Tableau 3.6 montre un nombre plus faible de thrips chez le témoin résistant TVx 3236 que chez les autres variétés, sauf TN 88-63. Ces résultats préliminaires semblent indiquer que TN 88-63 possède une légère résistance aux thrips; toutefois, ceci doit être confirmé pour d'autres sites.

Durant la campagne de 1985, on a mis en place des pépinières de tri aux stations de recherche de Kolo et Bengou. On a semé près de 100 familles F3 issues de croisements entre TVx 3236 résistant au thrips et des variétés nigériennes. Environ 40 rangées de familles F4 ont été récoltées pour être semées et étudiées durant la campagne de 1986.

3.6.2 La bruche du niébé

Les chercheurs de l'IITA ont contrôlé la collection entière de semences de niébé cultivé, pour y découvrir une résistance à la bruche de niébé (*C. maculatus*). Seules trois variétés ont été reconnues résistantes: TVu 2027, KNW et KNS. Le programme d'amélioration du niébé de l'INRAN a tenté de:

- déterminer la relation entre les gènes de résistance à la bruche dans les graines de ces trois variétés, et

- mettre au point une méthode de tri permettant de faciliter la sélection pour une résistance à la bruche parmi les variétés locales.

Des études génétiques menées au Niger (Kitch, 1987) suggèrent que les variétés TVu 2027, KNS et KNW possèdent toutes la même gène de résistance à la bruche. D'autres recherches (Dick et Credland, 1986) ont montré que *C. maculatus* peut vaincre la résistance de TVu 2027. Il est donc nécessaire d'identifier une source alternative de résistance. Un autre aspect de la recherche sur la bruche est l'étude de différentes variétés à gousses résistantes. (Au Niger, la récolte est généralement stockée en gousse, pendant une période considérable). La résistance de la gousse a été évaluée pour les variétés à graines résistantes, pour trois dérivés améliorés de TVu 2027, et deux lignées de sélection avancée issues du programme de sélection. KNS, KNW et TVu 2027 ont offert le même niveau minimal de résistance de la gousse. Toutefois, certains dérivés de TVu 2027 possèdent un niveau modéré de résistance de la graine combiné avec une nette résistance de la gousse (Tableau 3.7). Cette combinaison engendre un niveau plus élevé et plus durable de résistance générale à *C. maculatus*.

Une culture de bruches en laboratoire a été réalisée d'après des protocoles mis au point à l'Université Purdue. A partir de cette culture, un protocole de triage a été développé pour les familles F3 dérivées de croisements entre la variété résistante, TVu 2027, et TN 88-63, une variété locale. Les graines des familles F3 sélectionnées ont été semées en 1985, pour évaluation agronomique.

3.6.3 Conclusions

Les résultats des études sur *C. maculatus* suggèrent que le travail de sélection devrait se concentrer sur une résistance combinée des gousses et des graines. Sur le plan de la sélection d'une résistance au thrips, une méthode de triage efficace a été développée et devra être appliquée à un grand nombre de lignées. En outre, la station de recherche de Bengou semble constituer une excellente pépinière pour le thrips parce qu'il est suffisamment abondant pour permettre un triage adéquat.

TABLEAU 3.1 Rendements en grain de sorgho exprimés en pourcentages du rendement moyen de l'essai pour sept variétés locales et un témoin local, et rendements moyens par site, sur neuf sites, en 1986.

	Pourcentage du rendement moyen de l'essai									
Variété	ND(D)[1]	KO(V)	Di(D)	Di(V)	Ko(D)	Ta(D)	Ta(J)	Ta(V)	TA(FP)	Moyenne
BDF	87	74	125	143	117	25	41	85	44	87
EM	59	118	105	100	63	123	143	82	131	100
AJB	111	137	100	88	103	118	66	155	127	113
NGK	126	91	102	117	193	134	190	97	172	130
BG	146	110	100	89	133	16	50	72	21	83
BH	122	110	90	89	65	138	102	97	142	104
Terra	47	80	87	88	52	103	52	53	134	72
Témoin	100	71	95	86	116	114	156	160	130	114
Rendement moyen (kg/ha)	1100	1623	1638	1939	1684	2042	605	1474	930	1460
Pluviométrie annuelle (mm)	500	498	343	343	423	549	549	549	549	

[1]ND (N'Dounga), Ko (Kolo), Di (Diffa), Ko (Birni Konni), Ta (Tarna). (V) = sol de vallée, (D) = sol dunaire, (J) = précédemment en jachère, (FP) = ferme pilote.

TABLBEAU 3.2 Rendements en grain de sorgho exprimés en pourcentages du rendement moyen de l'essai pour neuf variétés locales et un témoin local sur six sites, en 1987.

	Pourcentage du rendement moyen de l'essai						
Variété	Kol(V)[1]	Kon(V)	Mag(D)	Tar(D)	Tar(V)	Til(V)	Moyenne
BDF	88	76	125	75	94	102	93
EM	154	121	149	148	135	118	126
AJB	90	130	72	39	84	91	100
NGK	100	70	163	180	89	108	99
BG	35	29	73	62	65	78	59
GH	146	141	152	140	157	117	134
Terra	54	35	75	178	79	100	78
DH	78	97	73	64	77	77	83
GH	130	181	52	37	116	96	123
Témoin	119	67	97	104	11	105	-
Rendement moyen (kg/ha)	402	2188	332	287	1062	3341	1249
Pluviométrie annuelle (mm)	410	326[2]	258	251	251	302[2]	-

[1]Kol (Kolo), Kon (Birni N'Konni), Mag (Magaria), Tar (Tarna), Til (Tillabéry), (v) = sol de vallée, (D) = sol dunaire

[2]Irrigation supplémentaire

416

TABLEAU 3.3 Rendement en grain (kg/ha) de la variété de sorgho SEPON 82 durant quatre campagnes.

	1985[1]	1986[2]			1987[3]				1987/88[4]
Cultivar	Konni	Bengou	Lossa	Konni	Bengou	Tarna	Konni	Lossa	Kolo (IPDR)
SEPON 82	3265	3272	1830	1371	818	1061	2608	2015	7299
MAXIMUM	3750	3372	1830	1809	1216	1473	2608	4264	7299
MOYENNE DE L'ESSAI	3277	2298	1326	1148	914	1091	1841	2245	4894
CV	24	21	42	34	48	38	36	28	18

[1]Sept variétés en quatre répétitions.

[2]Sept variétés en six répétitions.

[3]Onze variétés en six répétitions.

[4]Quatre variétés en quatre répétitions; irriguées durant la contre-saison.

41

TABLEAU 3.4 Performance de la variété résistante de sorgho SRN 39 comparée aux cultivars locaux sous infestation de *Striga* et sans *Striga* durant les campagnes 1986-1987. (Hess, données non-publiées)

	1986			1987		
	Rendement (kg/ha)		Nombre de plants de *Striga* par parcelle[3]	Rendement (kg/ha)		Nombre de plants de *Striga* par parcelle[3]
Variété	Sans[1]	Avec[2]		Sans[4]	Avec[2]	
BDF	886	45	205	1.874	2.387	201
BAGOBA	1.324	0	391	2.096	1.765	533
TCHOULORI	1.077	24	326	1.790	984	231
L-30	996	77	573	1.754	1.288	252
SRN 39	926	1.626	121	1.807	2.503	1
Moyenne de 4 cultivars locaux	1.071	37	375	1.879	1.606	305

[1]Moyenne de trois sites: Kolo, Lossa, Bengou

[2]Site: Birni N'Konni

[3]Moyenne de quatre répétitions en sous-parcelles de 2,25 m^2

[4]Moyenne de quatre sites: Kolo, Lossa, Bengou, Birni N'Konni

4/6

TABLEAU 3.5 Synthèse de la performance d'essais de sorgho hybride au Niger, 1984-1987.

Essai No.	Année	Sites(s)	Meilleurs hybrides F1	(kg/ha)	Variété(s) témoin(s) (kg/ha)	F1 moyenne (kg/ha)	Source
1.	1984	Tarna	ATx624xEM	5586	-	2286 (22)[1]	Adamou et
			ATx623xEM	4751	-		Clark (1985)
2.	1985	Tarna	ATx623xSST722-7	3993	-	(17)	Adamou et
			ATx623x137-62	3877			Clark (1986)
3.	1986	Tarna	ATx623xD.B.	3491		1856 (19)	Clark (1987)
4.	1986	Tarna,Kolo	ATx623xMR732		1129	1868 (90)	Kapran (1987)
		Bengou,Tillabery	ATx623xM66159	2683			
			ATx623xSuCr57	2451			
5.	1986	Tarna, Kolo	Exotique x Exotique			2773 (16)	Tyler (1987)
			Exotique x améliorée			3225 (12)	
			Exotique x locale			3213 (12)	
6.	1987	Kolo(F1,Elite)	ATx623xMR732	2634	1590	2230 (20)	Clark (1988)
			ATx623xSST771-38-4	2629			
	1987	Tillabery(")	ATx623xMR747	5468	3241	4620 (12)	
			ATx631xSuCr36	5249			

[1]Le nombre de F1 inclus dans l'essai est indiqué entre parenthèses.

TABLEAU 3.5 (suite)

Essai No.	Année	Sites(s)	Meilleurs hybrides F1	(kg/ha)	Variété(s) témoin(s) (kg/ha)	F1 Moyenne (kg/ha)	Source
7.	1987	Kolo(F1 TAMU)	ATx623xTortillero	3570	1399	2610 (37)	Clark (1988)
			ATx623xR8509	3294			
8.	1987	Kolo(F1 Kolo)	954006A x NGK	4190	2460	2345 (58)	Clark (1988)
			4954066 x H.B.	3488			
			ATx623xSST722-20	3480			
9.	1987	Kolo(F1 ICRISAT)	ICSH 336	3110	1950	2515 (20)	Clark (1988)
			ICSH 646	2850			
			ICSH 331	2800			

TABLEAU 3.6 Nombre de thrips présents dans les fleurs de diverses variétés de niébé. Bengou, 1984.

Variété	Nombre moyen de thrips par échantillon[1]
TVx 3236	22a[2]
TN 88-63	58 ab
TN 5-78	75 b
TN 49-80	93 bc
TN 119-80	95 bc
TN 113-80	99 bc
TN 27-80	140 c

[1]Echantillonnage de 10 fleurs choisies au hasard dans chaque parcelle.

[2]Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test multiple de Duncan ($P < 0.05$).

51

TABLEAU 3.7 Développement de la bruche, *Callosobruchus maculatus*, dans les graines de neuf variétés de niébé.

Variété		Durée moyenne du développement (en jours)	Pourcentage moyen d'émergence d'adultes[1]
California Blackeye No. 5	Graines	27,4 a[2]	79,9 b
	Gousses	-	-
TN 5-78	Graines	27,1 a	77,4 b
	Gousses	29,2 a	25,2 ef
TN 2-78	Graines	-	-
	Gousses	27,9 a	15,0 gh
IT81D-985	Graines	37,6 b	92,4 a
	Gousses	46,0 cd	10,0 ghi
IT82D-716	Graines	40,9 b	60,1 c
	Gousses	46,2 cd	9,0 hi
TVu 2027	Graines	47,3 d	48,0 d
	Gousses	50,4 d	8,0 hi
KNS	Graines	46,6 cd	43,1 d
	Gousses	48,7 d	19,3 gh
KNW	Graines	48,5 d	45,5 d
	Gousses	49,6 d	14,0 gh
IT81D-1007	Graines	-	-
	Gousses	42,2 bc	1,2 i

[1]L'émergence d'adultes est exprimée en pourcentage du nombre d'oeufs déposés éclos durant une période de 60 jours après infestation.

[2]Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test multiple de Duncan ($P < 0,05$).

4. ROLE POTENTIEL DES TECHNOLOGIES AGRICOLES AMELIOREES AU NIGER: PRATIQUES AGRONOMIQUES

Dans le but d'améliorer l'environnement de la production, le programme agronomique s'est principalement concentré sur l'amélioration de pratiques culturales pour le mil, le niébé et le sorgho dans des systèmes de monoculture et de cultures associées. L'accent a été mis sur le mil et le niébé. Vers la fin du projet, des études sur l'association mil/arachide ont été entreprises à Maradi.

Des technologies prometteuses issues des stations de recherche ont été testées sur des surfaces plus grandes et en milieu réel dans différentes zones agro-climatiques du Niger. Le principal objectif de ces tests était de déterminer la viabilité économique et pratique des technologies développées en station dans des conditions réelles. De même, des tests d'adaptation variétaux ont été conduits dans différentes zones agro-climatiques du Niger (essais multilocaux), en collaboration avec le Service Nigérien de Vulgarisation.

4.1 Systèmes de culture

La culture simultanée de deux, trois ou même quatre cultures sur le même terrain (culture associée) est une pratique courante au Niger. Les estimations récentes du Gouvernement nigérien indiquent que 73% des surfaces cultivées sont sous cultures associées (Ministère du Développement Rural, 1984).

La culture associée est aussi commune dans les pays avoisinants de l'Afrique de l'Ouest. Au nord du Nigéria, de Zaria à Sokoto, la monoculture n'est présente que sur 17% des terres cultivées (Norman, 1970). La culture associée est pratiquée dans les mêmes proportions au Burkina Faso (Sawadogo et Kaboré, 1984, et Sawadogo *et al.*, 1985) et au Mali (Shetty *et al.*, 1987). Les combinaisons de cultures les plus courantes au Niger sont le mil (*Pennisetum americanum*)/niébé (*Vigna unguiculata*), le mil/arachide (*Arachis hypogaea*), le mil/niébé/arachide et le mil/sorgho (*Sorghum bicolor*)/niébé/arachide.

Les fermiers considèrent que la culture associée permet de réduire les risques de production, de satisfaire les besoins alimentaires du ménage, de produire des cultures de rente, de conserver la fertilité des sols et d'utiliser la main-d'oeuvre de manière plus rationnelle.

4.1.1 Association mil/niébé

Parmi les combinaisons de cultures, la plus répandue au Niger et dans bon nombre de régions du nord du Sahel, est l'association mil/niébé

(Fussell et Serafini, 1985). Dans un système traditionnel de mil/niébé, les mils locaux de grande taille, sensibles à la photopériode et de maturation tardive (110-130 jours) sont semés d'une manière relativement dense. Le niébé est semé entre les pieds de mil 4 à 6 semaines plus tard, selon l'achèvement des semis de mil, le premier sarclage et la distribution des pluies (Reddy, 1988). Le niébé est plus tardif (120 à 150 jours) et utilise l'humidité résiduelle.

Une recherche concernant les systèmes de culture mixte mil/niébé et mil/arachide a été menée au Niger par l'Institut de Recherche en Agronomie Tropicale (IRAT), durant les années 1963 à 1965 (IRAT, 1965) et plus tard, par l'Institut National de Recherches Agronomiques du Niger (INRAN) en 1978 et 1979 (Cunard, 1979). Bien que certains chercheurs de l'IRAT aient critiqué les systèmes associées, Cunard (1979) a encouragé cette pratique et obtenu des résultats favorables. Néanmoins, les chercheurs de l'INRAN et d'ailleurs au Niger ont préconisé et vulgarisé les systèmes intensifs de monoculture et, jusqu'à récemment, découragé les cultures associées. Malgré l'encouragement du gouvernement, les recommandations de monoculture n'étaient pas acceptées par les fermiers (Ly *et al.*, 1986).

A partir de cette expérience, il a été décidé, au commencement du PARA, d'étudier les systèmes associés en général et l'association mil-niébé en particulier.

La recherche sur le système associé mil/niébé a debuté à la station de recherche de Tarna. L'utilisation de génotypes adéquats, l'espacement et la géometrie des semis, la date de semis, l'utilisation d'engrais commerciaux, la contribution en azote des légumineuses, le mécanisme d'utilisation de l'eau par les cultures associées et l'effet de l'ombre des céréales sur les légumineuses ont été étudiés. Le bien-fondé des systèmes associés et non-associés dans diverses conditions agro-climatiques a également été examiné.

4.1.1.1 L'effet du génotype dans une culture associée mil/niébé

Le niébé est la principale légumineuse cultivée dans la région tropicale semi-aride du Niger; il est presque toujours cultivé en association avec le mil. Son rendement sur ferme est extrêmement bas, ne dépassant pas 100 kg/ha. Une variété locale de niébé tardif de type rampant (cv Sadore local) a été comparée avec des variétés de niébé précoce, de type érigé (cv IT82D 716) ou de type rampant (cv TN5-78) en monoculture ou associées avec deux variétés naines de mil (cv 3/4 HK et cv CNT) et une variété de haute taille de *Pennisetum americanum* (cv CIVT). Durant les années 1985-87, les résultats des deux sites expérimentaux de Kolo et Tarna ont indiqué un rendement en grains plus élevé pour TM 5-78, alors que le rendement en fourrage de la variété locale de Sadore dépassait celui des deux autres variétés dans les systèmes de monoculture et de culture associée. En général, la taille du mil a eu des effets semblables sur la performance du niébé, sauf lorsque le niébé était semé quatre semaines après le mil (Tableau 4.1), ce qui a été le cas en 1987. Le niébé

a alors souffert de l'ombre produite par les grandes plantes de mil (cv CIVT) et son rendement a été affecté (Tableaux 4.2 et 4.1).

Ces résultats montrent qu'au Sahel et en particulier au Niger, les programmes de sélection devraient développer des variétés de niébé qui puissent arriver à maturité avant la fin de la saison des pluies. Parallèlement, des variétés de mil précoce et nain devraient être développées. Des recherches plus recentes montrent que les meilleurs rendements de cultures associées mil/niébé sont obtenus lorsque le niébé est semé immédiatement après le mil. Les rendements du mil en cultures associées sont en outre comparables aux rendements obtenus en monoculture. L'amélioration du rendement de niébé en système de cultures associées est la clef du succès des systèmes associés mil/niébé au Niger (Ofori et Stern, 1987).

4.1.1.2 Géométrie et espacement

La géométrie de la culture principale ou dominante (le mil) a un effet particulier sur la culture secondaire. Dans les systèmes traditionnels, le rendement du mil est d'une importance extrême et le rendement du niébé n'est considéré que comme un bonus. En d'autres termes, la priorité doit être accordée à la maximisation du rendement du mil dans n'importe quel système associé mil/niébé.

En 1984, une étude a été entreprise à Tarna, avec deux variables principales:

- la population des cultures
- la géométrie

Trois espacements représentatifs entre les rangées, (0,75 m, 1,5 m et 2,25 m) ont été choisis pour le mil (cv CIVT) afin de représenter respectivement la densité recommandée par la recherche (1 m, en monoculture), une densité rencontrée dans une zone de bonne pluviosité (1,5 à 2 m) et une densité rencontrée dans une zone de pluviosité plus pauvre (2 à 2,5 m). Le niébé a été semé à raison d'une rangée tous les 75 cm. Ceci a résulté en une, deux ou trois rangées de niébé associées respectivement à chaque rangée de mil espacée de 75 cm, 150 cm et 225 cm. La densité des ces essais était extrêmement élevée comparée aux densités de 3000 à 5000 poquets/ha observées dans les champs des fermiers (Soumana et Reddy, 1987).

Au sein de ces géométries standard, 10 niveaux différents de population ont été appliqués. Au total, entre la géométrie et la densité, 30 traitements ont fait l'objet d'évaluations concernant le rendement.

En 19[illegible], les interactions entre la géométrie et l'espacement ont été significatives. Pour un espacement de mil de 150 cm, le revenu monétaire généré par des densités de mil et de niébé égales à 100% et 50% de leur densité de monoculture respective était le double du revenu moyen de l'essai.

En 1985, les rendements de mil étaient sensiblement plus élevés pour un espacement de 150 cm que pour les autres espacements. Comme en 1984, la

combinaison mentionnée plus haut a surpassé tous les autres traitements en 1985. D'après ces résultats, il est clair que le maintien de la densité de monoculture pour le mil et le niébé n'est pas productif dans la région tropicale semi-aride du Niger.

De ces deux années de données, il a été déterminé qu'un espacement intermédiaire de 150 cm pour le mil, avec deux rangées de niébé entre chaque rangée de mil et des densités de mil et de niébé égales à 100% et 50% des densités de monoculture, constitue une géométrie et une densité idéales pour une étude approfondie de la culture associée. Puisque cette pratique est proche de celle des fermiers, elle a été utilisée dans tous les essais en milieu réel et en station depuis 1986. A la fin du projet, en 1987, la géométrie du mil de 1,5 x 0,75 m était devenue la géométrie standard utilisée dans la recherche sur les cultures associées effectuée par l'INRAN, l'ICRISAT et d'autres organisations.

4.1.1.3 Dates des semis

En agriculture sèche, il est très important de semer les cultures au moment des premières pluies. Un essai effectué à la station de Bengou de 1985 à 1987 montre clairement que le moindre retard dans les semis après les premières pluies peut engendrer des pertes substantielles de rendement, tant pour le mil que pour le sorgho (Tableau 4.3) et le niébé.

Les fermiers sont conscients de ce fait et ils sèment généralement les cultures céréalières au moment des premières pluies. Néanmoins, l'insuffisance de main-d'oeuvre limite parfois leur capacité à semer tous leurs champs au moment des premières pluies, en juin (Krause *et al.*, 1987). D'autre part, les fermiers sèment le niébé très tard, ce qui a souvent pour conséquence une perte totale de la production.

Une expérience de culture associée mil/niébé, avec différentes dates de semis de niébé (cv TM 5-78) a été menée en 1986, 1987 et 1988 à la station de Kolo. Lors de ces essais, le rendement du mil (cv CIVT) n'a pas été affecté par la date de semis du niébé, mais le rendement du niébé a été réduit de manière significative par tout retard de son semis entre les rangs pré-existants de mil (Tableau 4.4). Comme ces données l'indiquent, la pratique traditionnelle, qui consiste à semer le niébé quatre à huit semaines après le mil, se fait au détriment de la production de niébé. Cet effet est dû à l'ombre projetée par les plantes de céréale et à l'utilisation disproportionnée des éléments nutritifs au détriment du niébé.

4.1.1.4 Fertilité

L'avantage apporté par l'utilisation d'engrais azotés (N) et phosphatés (P) pour le mil et le sorgho, et P pour le niébé a été démontré depuis longtemps au Niger. Les effets de N et P sur les rendements de mil en monoculture et en culture associée ont été comparés dans les essais. En général, le rendement du mil augmente avec l'application de N et P dans les systèmes de monoculture comme de culture associée. Toutefois, (Tableau 4.5) l'accroissement du rendement par unité de N est plus élevé en système de monoculture qu'en culture associée, surtout durant les années sèches

(Tableau 4.6). Ce phénomène semblerait indiquer une forte compétition pour les éléments nutritifs et l'eau dans le cas du niébé cultivé en association.

4.1.1.5 Contribution du niébé au stock d'azote mis à la disposition du mil

En 1987, un essai a été entrepris en collaboration avec l'INTSORMIL, afin d'étudier la contribution du niébé au stock d'azote (cv TN 5-78) utile à la croissance du mil (cv CIVT) en culture associée. Le rendement du mil n'a pas été accru par l'association avec le niébé, même si l'on récolte le niébé pour son fourrage ou ses gousses (Tableau 4.7). Néanmoins, la récolte du niébé pour le fourrage au stade de floraison a eu un effet positif sur le mil associé (Tableau 4.7), phénomène probablement dû à une réduction de la compétition pour l'eau et les nutriments pendant la période critique de croissance du mil.

Le fait de permettre au niébé d'arriver à maturité aboutit à un gain de 390 kg/ha de gousses de niébé, et à une perte de 230 kg/ha de mil et de 1320 kg/ha de fourrage de niébé. En fonction de l'importance accordée aux rendements en grain et en fourrage, on peut déterminer la période adéquate de récolte du niébé. Par exemple, au Niger les fermiers ayant accès au marché urbain de Niamey préfèrent le fourrage au grain, alors que les fermiers ruraux de Maradi préfèrent le grain au fourrage.

Cependant, le fait qu'il n'y ait pas d'effet mesurable de l'azote produit par le niébé sur le rendement du mil est la conclusion principale de cette étude. Une augmentation significative du rendement du mil dépendra de l'apport d'azote commercial.

4.1.1.6 Efficacité de l'utilisation de l'eau par le mil et le niébé en monoculture et en culture associée

Une étude effectuée de 1984 à 1987 a permis de déterminer la consommation d'eau par le mil (cvs CIVT et 3/4 HK) et par le niébé (cvs TN 88-63 et TN 5-78) en monoculture ou en culture associée. Cette étude a été menée à Tarna en 1984 et 1985, et à Kolo en 1986 et 1987. Le rendement du mil n'a pas varié entre les traitements alors que les rendements du niébé en culture associée étaient nettement plus bas que les rendements en monoculture durant les quatre années.

Afin de comparer les systèmes de monoculture et de culture associée, l'indice de surface équivalente relative ("land equivalent ratio") ou SER est souvent utilisé. La SER est définie comme suit (Treubath, 1986):

$$SER = \frac{y_{ij}}{y_{ii}} + \frac{y_{ji}}{y_{jj}}$$

où

y_{ij} est la production de la culture i en système de culture associée,

y_{ii} est la production de la culture i en système de monoculture,

y_{ij} est la production de la culture j en système de culture associée,

y_{jj} est la production de la culture j en système de monoculture.

Sur les deux sites expérimentaux, la SER des systèmes de culture associée est restée supérieure à 1 situé entre 1,2 et 1,51, indiquant une utilisation plus efficace du sol que dans un système de monoculture (SER = 1).

La consommation en eau pour 1984, une année de faibles précipitations (237 mm) et pour 1986, une année de précipitations relativement bonnes (482 mm) est présentée dans le Tableau 4.8. Ces résultats indiquent que l'efficacité d'utilisation de l'eau par la culture associée mil/niébé est sensiblement plus élevée que pour les monocultures de mil ou de niébé. La production de mil par mm d'eau en culture associée est proche de la production de monoculture, mais la production en grain de niébé est nettement plus faible en système associé qu'en monoculture. Des résultats similaires ont été obtenus en 1985 et en 1987.

La conclusion importante tirée de cette étude détaillée est que le système associé mil/niébé utilise l'eau de manière plus efficace que les monocultures de mil ou de niébé; ceci reflète probablement une évaporation plus faible et un taux de transpiration plus élevé en système associé qu'en monoculture. Le niébé, cvs TM 5-78 et TM 88-63, utilisé dans ces essais recouvre l'espace entre les rangées de mil et réduit probablement l'évaporation. L'efficacité de la culture associée en ce qui concerne l'utilisation d'eau, la ressource la plus contraignante du Sahel, valide la pratique traditionnelle des fermiers.

4.1.1.7 Mil et niébé en systèmes de monoculture ou de culture associée dans des conditions de faibles et hautes précipitations

Les systèmes de culture associée mil/niébé ont donné des résultats différents selon que le niveau des précipitations était adéquat (stations de Tarna et Kolo) ou faible (sites de Ouallam et Chikal) (Tableau 4.9). Sur les sites à fortes précipitations, les systèmes associées obtiennent des valeurs SER plus élevées et utilisent l'eau plus efficacement que le mil ou le niébé en systèmes de monoculture (Tableau 4.8). Sur les sites à faibles précipitations de Ouallam et Chikal, les cultures associées ont régulièrement produit des valeurs de SER nettement plus faibles (Tableau 4.9) comparées aux valeurs respectives en monoculture.

Ces variations peuvent être attribuées aux différences de précipitations et à la longueur de la campagne. Au Niger, les semis tardifs réduisent considérablement les rendements de mil, de sorgho (Tableau 4.3) et de niébé. Sur les sites à faibles précipitations, les essais ont été semés vers le 20 juillet en 1985 et 1986 alors que sur les sites à précipitations adéquates, les semis étaient effectués au mois de juin. La campagne agricole plus courte a probablement favorisé une compétition plus intense entre les différentes cultures associées et, de ce fait, a conduit à des rendements et à une efficacité d'utilisation du sol plus faibles. Des résultats identiques ont été obtenus dans les tests en milieu réel effectués dans la région de Chikal (Thijssen, 1987).

Traditionnellement, les fermiers pratiquent la culture associée dans toutes les régions, mais ces résultats montrent qu'il serait bénéfique de pratiquer la monoculture de mil et de niébé dans les zones pour lesquelles la campagne dure 70 jours, et la culture associée dans les zones où la campagne dure 90 jours (Reddy, 1988). De même, dans les zones à précipitations adéquates, lorsqu'une sécheresse de début de saison retarde le semis du mil jusqu'en juillet, il serait bénéfique de semer le mil et le niébé en monoculture.

4.1.2 Système de culture associée sorgho/mil

Cette culture associée est communément pratiquée dans la région à précipitations relativement élevées de Gaya, dans le sud du Niger. Traditionnellement, une variété précoce de mil (110 jours) est associée à une variété de sorgho tardif (150 jours).

Lors des essais de 1985 et 1986, la variété locale de sorgho tardif n'a pas produit de grain en culture associée. En 1987, une variété précoce de mil, HK Bengou, et un sorgho local à cycle intermédiaire, Bacaji Koucan Chanou (BKC) ont été introduits à la place des variétés utilisées précédemment.

Les performances de ces variétés ont été comparées en culture associée et en monoculture, avec différents niveaux de N et de P. Tous les niveaux de N et de P ont affecté positivement les rendements des céréales. Toutefois, l'objectif principal de cette étude était d'évaluer l'efficacité biologique de l'association de ces deux céréales. A différents niveaux de N et P, le rendement combiné de mil et de sorgho en culture associée était nettement plus élevé que celui de mil ou de sorgho en monoculture (Tableau 4.10). La SER indique un avantage dans l'utilisation du sol de 20% pour l'association mil/sorgho (Tableau 4.10). La contribution de chacune des SER montre que le mil est resté la culture dominante du système, produisant 152% de son rendement de monoculture, alors que le sorgho ne produisait que 88% de son rendement de monoculture.

La dominance du mil pourrait être attribuée au fait qu'il est semé en premier et donc, s'établit avant le sorgho dans le système associé. La conclusion importante de cette première étude, comme dans celle de l'association mil/niébé, est le fait que la pratique courante de culture associée sorgho/mil est justifiée par la recherche scientifique. Il est important

de noter dans les deux systèmes mil/niébé et mil/sorgho, que les fermiers utilisent des cultures secondaires à long cycle telles le niébé et le sorgho en association avec le mil. D'habitude, ces cultures secondaires n'atteignent pas leur maturité avant la fin de la saison des pluies. Il semble donc important de modifier les pratiques de cultures associées des fermiers en introduisant des variétés à maturité précoce pour ces cultures secondaires.

4.1.3 Génotypes de niébé

A travers les différentes expériences effectuées dans les stations de l'INRAN, puis en milieu réel, il est devenu évident que le rendement en gousses des variétés locales de niébé est faible. Des essais multilocaux ont démontré que les variétés locales de niébé TN 5-78, TN 27-80 et TN 88-63 ont des rendements en grains plus élevés que les variétés locales. Chacune de ces variétés possède également un rendement adéquat en fourrage.

Plusieurs variétés de niébé ont été introduites dans la région par l'IITA, dans le cadre du programme d'amélioration du niébé. On a utilisé TN 88-63 dans tous les essais de culture associée en 1984 et 1985; elle a depuis été remplacée par TN 5-78. TN 88-63 a été vulgarisée auprès des fermiers au Niger depuis les années soixante mais n'a pas été largement utilisée à cause de sa qualité alimentaire pauvre et de ses propriétés indigestes. Etant donné cette situation et l'importance commerciale du niébé, un essai a été entrepris en 1987 à la station de recherche de Kolo, afin de comparer les différentes variétés de niébé, locales et introduites, pour leur grain et leur production fourragère, ainsi que pour d'autres caractéristiques agronomiques tel que l'étalement des feuilles et la nodulation.

Les résultats de ces essais indiquent que toutes les variétés améliorées de l'INRAN (TM 5-78 et Gorom-Gorom) et les variétés de l'IITA (KVx 61-74, TVx 3236 et IT 82D-716) produisent des rendements en grains nettement plus élevés que la variété locale type, Negou. Parmi les variétés améliorées, TM 5-78, KVx 61-74 et TVx 3236 produisent des rendements en grains plus élevés que IT 82-D716. En ce qui concerne la production fourragère, TM 5-78, KVx 61-74 et Negou donnent des résultats similaires (Tableau 4.11).

Ces résultats montrent que le rendement en grains de niébé peut facilement être augmenté en changeant la variété utilisée.

4.2 Conservation de l'eau

Au Sahel, les fermiers des régions à sorgho utilisent traditionnellement des méthodes de conservation de l'eau. Au moment des premier et second sarclages, ils construisent un billon ou une butte entre les rangées de sorgho, et y incorporent souvent des résidus produits par le désherbage. Une expérience a été menée de 1985 à 1987 à Kolo afin d'étudier les effets du billonnage simple et du billonnage cloisonné sur la production en grains de sorgho.

Pendant ces trois années, les rendements en grain et en matière sèche ont sensiblement augmenté en raison du billonnage simple et du billonnage cloisonné. Cette augmentation peut être attribuée à une réduction de l'écoulement des pluies dans les parcelles modifiées et ainsi, à un meilleur établissement des plantes (Tableau 4.12). Le billonnage et le billonnage cloisonné sont responsables de 31% et 38% de poquets supplémentaires, en comparaison avec les parcelles planes. Ceci donne respectivement 34.000 et 41.000 plantes de sorgho en plus par hectare sur les parcelles billonnées et à billonnage cloisonné. Ces différences se retrouvent dans le nombre de panicules de sorgho récoltés à maturité et par conséquent, dans le rendement en grain (Tableau 4.12).

Le billonnage effectué avant les semis a eu une influence favorable sur la levée du sorgho et sur sa croissance mesurée en termes de hauteur de plante. Les différences de taux de croissance et de nombre de plantes dues au travail de la terre sont reflétées dans les rendements finals en grain et en matière sèche.

En général, les plantes de sorgho bénéficient des techniques de conservation de l'eau du billonnage et du billonnage cloisonné et produisent des rendements plus élevés en grain et en matière sèche. Le billonnage cloisonné a entraîné des rendements en grain et matière sèche de sorgho plus élevés que le billonnage simple. La pratique couramment employée par les fermiers de construction tardive de billons dans les champs de sorgho, est moins productive que la construction de billons avant les semis en ce qui concerne l'établissement des plants, le taux de croissance et le rendement en grain et matière sèche.

TABLEAU 4.1 Rendement en grain de niébé (kg/ha) de trois variétés semées en association avec trois variétés de mil; comparaison avec des rendements de monoculture; trois sites, 1985-1987.

Systèmes de culture associée		Rendement moyen (kg/ha)				
		1985	1986		1987	
Variétés de niébé	Variétés de mil	Kolo	Tarna	Kolo	Tarna	Kolo
TN 5-78	3/4 HK	580 a[1]	410 a	380 bc	660 c	460 c
TN 5-78	CNT	530 a	340 b	360 bc	880 b	460 c
TN 5-78	CIVT	560 a	360 b	590 bc	660 c	350 cd
Moyenne		560	370	440	730	420
IT 82D-716	3/4 HK	190 b	170 cd	150 bc	250 d	190 de
IT 82D-716	CNT	140 b	210 c	60 c	270 d	180 de
IT 82D-716	CIVT	200 b	140 d	200 bc	160 d	130 e
Moyenne		180	170	140	230	170
Sadoré Local	3/4 HK	50 b	0 e	310 bc	0	170 de
Sadoré Local	CNT	70 b	0 e	170 bc	0 e	180 de
Sadoré Local	CIVT	50 b	0 e	220 bc	0 e	130 e
Moyenne		60	0	230	0	160
Monoculture						
TN 5-78		DM[2]	DM	1550 a	1450 a	1230 a
IT 82D-716		DM	DM	430 bc	570 bc	690 b
Sadore local		DM	DM	320 bc	0 e	270 cd

[1]Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test multiple de Duncan ($P < 0,05$).

[2]Données manquantes

TABLEAU 4.2 Effet des génotypes de mil sur le pourcentage de lumière disponible pour le niébé associé, Kolo, 1987.

Traitement	Stade de développement du niébé (en nombre de jours après semis)							
	57	64	71	78	85	92	99	106
	pourcentage de la lumière interceptée							
Mil nain cv CNT	16	31	31	34	16	25	15	10
Mil nain cv 3/4HK	19	21	26	27	15	20	8	6
Mil normal cv CIVT	26	40	36	40	19	42	30	18

TABLEAU 4.3 Effet des dates de semis sur les rendements du mil et du sorgho, Bengou, 1985.

Date de semis	Rendement moyen (kg/ha)		
	Mil tardif cv Samno	Mil précoce cv HK Bengou	Sorgho cv Hamo béri
19 juin	1070 a[1]	910 a	2000 a
24 juin	970 a	540 b	1770 ab
2 juillet	710 ab	430 b	1320 ab
22 juillet	730 ab	240 c	1200 b
2 août	600 b	200 c	200 c
15 août	470 b	210 c	0 d

[1]Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test multiple de Duncan ($P < 0,05$).

TABLEAU 4.4 Effet de la date de semis du niébé en association avec le mil (kg/ha) sur le rendement du niébé.

1986		1987	
Niébé semé X jours après le semis du mil	Rendement moyen (kg/ha)	Niébé semé X jours après le semis du mil	Rendement moyen (kg/ha)
0	1920 b[1]	0	710 b
8	1410 c	30[2]	610 b
15	1340 c	37	430 c
26	680 d	44	220 d
31	770 d	57	5 e
42	250 e	61	2 e
56	300 e	67	10 e
En monoculture semée au jour 0	2850 a	En monoculture semée au jour 0	1390 a

[1]Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test multiple de Duncan ($P < 0,05$).

[2]En 1987, le second semis du niébé a été achevé 30 jours après le semis du mil à cause d'une période sèche de 30 jours. Le mil et le niébé ont tous deux survécu durant cette période.

64

TABLEAU 4.5 Effets de l'application d'engrais nitratés (N) et phosphatés (P) sur le rendement du mil, Bengou et Tarna, 1985.

Application de N et P (kg/ha)	Rendement moyen du mil (kg/ha)	
	Bengou	Tarna
0 N + 0 P_2O_5	770 b[1]	420 d
0 N + 20 P_2O_5	890 b	520 c
46 N + 0 P_2O_5	820 b	730 b
23 N + 10 P_2O_5	910 b	700 b
46 N + 20 P_2O_5	1120 a	1030 a

[1]Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test multiple de Duncan ($P < 0,05$).

TABLEAU 4.6 Effet de la fertilisation N et P sur le rendement en grain (kg/ha) de trois variétés de mil en systèmes de monoculture et de culture associée durant une année de sécheresse (pluviométrie: 217 mm) et sur un sol pauvre en P (3,7 ppm P_2O_5 assimilable), Magaria, 1984.

Niveau d'engrais		Rendement moyen du mil (kg/ha)	
N	P_2O_5	Monoculture de mil	Culture associée mil/niébé
0	0	120 b[1]	40 a
0	18	280 a	80 a
45	0	190 b	100 a
23	9	270 a	110 a
45	18	330 a	90 a

[1]Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test multiple de Duncan ($P < 0,05$).

66

TABLEAU 4.7 Effet de l'association du niébé sur les rendements du mil et du niébé avec et sans application de N et P.

Traitement	Rendement moyen (kg/ha)		
	Grain de mil	Grain de niébé	Fânes de niébé
Monoculture de mil avec 18 kg P_2O_5/ha	780 bc[1]	-	-
Culture associée mil/niébé, niébé récolté pour les fânes; engrais: 18 kg P_2O_5/ha	650 c	-	1880 a
Culture associée mil/niébé, niébé récolté pour le grain et les fânes; engrais: 18 kg P_2O_5/ha	710 c	460 a	280 b
Monoculture de mil, engrais: 45 kg N/ha et 18 kg P_2O_5/ha	1110 a	-	-
Culture associée mil/niébé, niébé récolté pour les fânes; engrais: 45 kg N/ha et 18 kg P_2O_5/ha	1040 a	-	1630 a
Culture associée mil/niébé, niébé récolte pour les fânes; engrais: 45 kg N/ha et 18 kg P_2O_5/ha	810 bc	390 a	290 b

[1]Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test multiple de Duncan ($P < 0,05$).

TABLEAU 4.8 Estimations de la consommation et de l'efficacité d'utilisation de l'eau pour le mil et le niébé en monoculture et en culture associée.

Traitement	Consommation moyenne d'eau (mm)		Efficacité moyenne d'utilisation de l'eau (kg de grain/mm d'eau/ha)			
	1984	1986	1984		1986	
			Mil	Niébé	Mil	Niébé
Monoculture de mil	227a[1]	330a	2,80a	-	3,50a	-
Monoculture de niébé	226a	368a	-	1,12a	-	3,93a
Association mil/niébé	225a	363a	2,80a	0,40b	3,31a	1,54b

[1]Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test multiple de Duncan ($P < 0,05$).

TABLEAU 4.9 Taux d'équivalence en terre pour le mil et le niébé en monoculture et en association, Ouallam, 1985, et Chikal, 1985-86.

Traitement	Ouallam	Chikal	
	1985	1985	1986
Monoculture de mil, densité élevée	1,00[1]	0,55	1,00
Monoculture de mil, densité moyenne	0,90	0,94	0,63
Monoculture de mil, densité faible	0,88	1,00	0,81
Association mil/niébé, densité élevée	1,08	0,65	0,89
Association mil/niébé, densité moyenne	0,81	0,74	0,99
Association mil/niébé, densité faible	0,79	0,80	0,99
Monoculture de niébé	1,00	1,00	1,00

[1]Calculé en utilisant le rendement de monoculture le plus élevé comme étalon de monoculture pour une saison et un site donnés.

TABLEAU 4.10 Rendement en grains de mil et de sorgho en monoculture et en association et taux d'équivalence en terre (TET) correspondants, Bengou, 1987.

Traitement	Rendement moyen (kg/ha)	TET
Monoculture de mil	1740 b[1]	1,0
Monoculture de sorgho	1560 b	1,0
Association mil/sorgho	2010 a	1,2

[1]Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test multiple de Duncan ($P < 0,05$).

TABLEAU 4.11 Rendements en grain et en fânes de variétés améliorées et d'une variété locale de niébé (Negou), à Kolo, 1987.

Variété de niébé	Rendements moyens	
	Grain (kg/ha)	Fânes (kg/ha)
TN 5-78	960 a[1]	1560 ab
Gorom-Gorom	890 ab	1420 b
KVx 61-74	1110 a	1800 ab
TVx 3236	1120 a	1070 b
IT 82D-716	640 b	1100 b
Negou	100 c	2330 a

[1]Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test multiple de Duncan ($P < 0,05$).

TABLEAU 4.12 Effets du type de travail de la terre et du niveau d'engrais azoté sur le rendement en grain et en matière sèche de sorgho, sur le nombre moyen de poquets établis et sur le nombre moyen de panicules récoltés par parcelle, Kolo, 1987.

Traitement	Rendement moyen en grain (kg/ha)	Rendement moyen en matière sèche (kg/ha)	Nombre moyen de poquets établis (poquets/ 44 m^2)	Nombre moyen de panicules récoltés (panicules/ 44 m^2)
Moment de l'opération (A):				
Avant les semis	750 a[1]	5700 a	220 a	410 a
Après les semis	470 a	3760 a	175 a	230 a
Travail de la terre (B):				
Labour à plat	410 b	3380 b	160 b	200 a
Billons	670 a	5160 a	210 a	340 a
Billons cloisonnés	745 a	5660 a	220 a	420 a
Engrais (C):				
0 kg N/ha	558 a	4410 b	190 a	300 a
45 kg N/ha	651 a	5060 a	200 a	340 a

[1]Les moyennes suivies de la même lettre ne sont pas significativement différentes d'après le test multiple de Duncan ($P < 0,05$).

5. IMPORTANCE DES EXPERIENCES EN MILIEU REEL POUR LA PRODUCTION DE TECHNOLOGIES AGRICOLES UTILES

5.1 La recherche en milieu réel, un domaine nécessaire à la recherche agricole pratiquée par l'INRAN

Il existe une littérature abondante écrite principalement durant la fin des années soixante-dix et au début des années quatre-vingts, qui discute de la nécessité de la recherche en milieu réel (RMR) comme partie intégrante de la recherche agricole menée dans les pays en voie de développement. Simmonds (1985) a revu la méthode de la RMR et de son évolution. Bien que des précurseurs tels que Chayanov (1928) aient compris l'importance de facteurs sociaux et économiques dans les décisions prises par les fermiers, la littérature sur les systèmes de production est née du constat que les technologies récemment produites en station de recherche ne semblaient pas adaptées aux conditions dans lesquelles opérait le fermier.

Le sens dans lequel l'expression "recherche en milieu réel" est utilisée ici est différent du sens qu'elle prend dans les études anthropologiques et sociologiques qui décrivent le plus souvent les systèmes de production existants (Calkins). Plusieurs études présentant ces caractéristiques ont été menées au Niger. Elles sont très utiles pour l'identification de contraintes de la production agricole au niveau de la ferme. C'est en observant les "unités de production agricole expérimentales" que le Département d'Economie Rurale de l'INRAN (DECOR) a identifié les contraintes de main-d'oeuvre affligeant le système de production traditionnel et les systèmes de pratiques recommandées par l'INRAN (voir Numa, 1985, Maliki *et al.*, 1988). Toutefois, ni l'impact potentiel de ces contraintes sur la production ni les effets liés à leur suppression ne peuvent être établis en suivant ces méthodes descriptives.

Au contraire des études du type précédent, la RMR est un outil qui devrait permettre aux chercheurs de fournir des réponses quant aux réactions des fermiers face à de nouvelles technologies ou à des changements exogènes de l'environnement économique dans lequel ils opèrent. Notons que ce type de RMR ne peut être mené sans des informations détaillées concernant les systèmes de production existants, et fournies par les études de type anthropologique mentionnées précédemment. La recherche en milieu réel doit onc se baser, du moins en partie, sur des recherches précédentes ou, si les informations font défaut, générer ces informations en menant des études de base telles que celles dirigées par le DECOR dans l'arrondissement de Madarounfa. Comme les systèmes de production subissent continuellement la pression de leur environnement, des mises à jour continuelles au moyen d'études descriptives semblent être nécessaires.

72

5.2 Importance d'une approche pluridisciplinaire

Un aspect important de la recherche en milieu réel est la nécessité d'incorporer dans une équipe de recherche des chercheurs de différentes disciplines biologiques et sociales, dans le but:

- d'identifier un problème qui importe aux fermiers,
- de mettre sur pied les expériences nécessaires et de surveiller leur exécution,
- d'analyser et d'interpréter les données.

Cette implication pluridisciplinaire est nécessaire à la production de la synthèse et du synergisme, clés du succès de la RMR (Rhoades *et al.*, 1986). C'est aussi un des aspects les plus difficiles de la RMR. Les chercheurs disposent de bagages professionnels très divers et ont des vues du problème parfois différentes. Néanmoins, ils sont destinés à communiquer de manière à résoudre le problème posé.

5.3 Le processus de la recherche en milieu réel

Les points importants de la recherche en milieu réel concernent (d'après Jones et Wallace, 1985):

- La sélection d'objectifs et de zones de travail. Ces objectifs doivent être basés sur une politique large englobant par exemple la volonté du Gouvernement du Niger d'accroître la production alimentaire en vue d'atteindre une auto-suffisance alimentaire. Dans les régions couvertes par le PARA (départements de Niamey et de Maradi) les zones de travail choisies pour conduire la RMR comprennent Filingué au nord-ouest, la vallée du Niger (six villages) et l'arrondissement de Madarounfa (2 villages) dans le département de Maradi.

- La description de zones de travail. Celle-ci peut être faite à partir du travail précédent, au moyen d'un sondage rapide de la zone. Cette étape fournira à l'équipe de chercheurs des informations indispensables sur les objectifs et les contraintes des fermiers. C'est sur la base de ces informations que les essais seront planifiés. La mission effectuée par des chercheurs du PARA à Filingué en 1984 illustre bien l'utilité de cette étape. Elle a permis de prévoir les essais en fonction des intérêts des fermiers. Lors de cette visite au village, l'attention des chercheurs a été attirée sur l'importance que les fermiers attachent à la culture associée (Maliki *et al.*). Ceci a affecté en grande partie le genre d'essais prévus pour la saison suivante, aussi bien en station qu'en milieu réel.

- La définition des domaines de recommandations basés sur les facteurs agro-climatiques et sociaux-économiques qui réduisent la capacité des fermiers à adopter une technologie proposée. Un domaine de recommandations regroupe un certain nombre d'agricul-

teurs qui présentent des caractéristiques similaires et pour lesquels un ensemble de recommandations est valide. Swinton et Ly ont mis au point une telle définition pour la région de Maradi; ces auteurs la basent sur l'accès des fermiers à différents types de sols.

Les domaines de recommandations restent néanmoins une stratification changeante tributaire du problème pris en considération (CIMMYT). Dans une étude en milieu réel sur la fertilisation, une stratification des fermes en fonction des différences de sol peut être la plus utile. Toutefois, dans leur étude sur les effets du crédit sur la capacité des fermiers à adopter les recommandations de l'INRAN, Krause *et al.* montrent que les fermiers disposant de fonds plus élevés sont davantage capables d'adopter les nouvelles technologies que les autres. Il semble donc que la vulgarisation de ces recommandations devrait être fonction des ressources financières à disposition.

- Le lancement d'essais en milieu réel (EMR). Les essais en milieu réel ne devraient concerner qu'un nombre restreint d'innovations simultanées. Cet argument est basé sur le fait que les fermiers ont tendance à adopter de nouvelles technologies les unes après les autres. Toutefois, les accroissements de rendement sont généralement plus significatifs lorsque plusieurs éléments sont combinés. Cela signifie que les éléments à combiner doivent aussi pouvoir faire leur preuve séparément.

Plusieurs remarques sont nécessaires concernant le concept et la gestion des EMR. Premièrement, les essais doivent être effectués dans le même genre d'environnement que celui auquel les fermiers font face. Cela veut dire, en général, que lorsque les technologies prometteuses ont été identifiées en station et sont testées en milieu réel, les niveaux des intrants non-testés devront sûrement être moindres que les niveaux utilisés en station, lors de la mise au point de la technologie. Ces essais doivent être menés dans des conditions d'intrants en règle générale utilisables par les fermiers. De plus, le site particulier où l'essai est mené doit être représentatif des conditions caractéristiques du domaine de recommandations. Deuxièmement, la participation d'une équipe de recherche pluri-disciplinaire est importante, tant pour la mise au point de l'expérience que pour la surveillance et la gestion des essais.

Enfin, les EMR sont habituellement limités en taille et en espace par les moyens dont dispose l'institution qui les mène. Cela signifie que les technologies à tester doivent être sélectionnées avec précaution en station de recherche avant d'être testées en milieu réel. En 1985 et 1986, les EMR menés par l'INRAN à Maradi et dans le cadre du PARA comprenaient quatre traitements; leur description se trouve dans le Tableau 5.1. La sélection de ces groupes de technologies a été faite en fonction des résultats d'expériences en station et des contraintes potentielles supposées

influencer les choix des fermiers (par ex., de faibles niveaux d'engrais ont été utilisés selon l'hypothèse que les ressources financières de ces fermiers ne leur permettraient pas d'en utiliser davantage).

- la gestion des essais. Cette étape dans la RMR joue un rôle prépondérant dans le succès ou l'échec des essais. Il faut décider si les essais doivent être menés "sous la direction d'un chercheur", auquel cas les chercheurs devront mener les essais ou simplement fournir des conseils au fermier. D'autre part, les essais peuvent être menés entièrement "sous la direction du fermier", sans l'aide de chercheurs ou d'assistants. Les objectifs de ces deux types d'essais sont différents. Dans le premier cas, les meilleures performances des nouvelles techniques en conditions réelles sont identifiées. Dans le second cas, l'expérience consiste à voir comment le fermier utilise et adapte les nouvelles techniques proposées en fonction de sa propre situation.

  De même, les résultats des EMR dépendent souvent du rôle joué par les chercheurs des diverses disciplines dans la direction et le contrôle de l'expérience. La préoccupation principale des chercheurs en sciences biologiques consiste à produire des données fiables et leur habitude de la la gestion d'essais en champs semblerait les destiner à la direction des essais en milieu réel (Simmonds). Néanmoins, pour freiner leur zèle inhérent à contrôler les intrants, une interaction continue avec des chercheurs en sciences sociales est cruciale car elle permet l'obtention de résultats fiables, nécessaires à l'analyse des effets des technologies testées sur le système de production dans son ensemble.

- l'analyse des résultats. La collaboration des membres de l'équipe est toute aussi cruciale dans cette tâche. L'interprétation des résultats est compliquée par les effets de nombreux éléments environnementaux incontrôlés. Ces informations sont toutefois très utiles dans la détermination de la manière dont les résultats s'appliquent au domaine de recommandation défini précédemment. Une large variation de résultats pourrait indiquer la nécessité de redéfinir le domaine de recommandations.

  De même que le dessin expérimental des EMR prend en considération les contraintes au niveau du fermier, l'analyse des résultats devra refléter la perspective du fermier en utilisant ses propres objectifs et ses préoccupations dans l'évaluation des essais. La définition adéquate des objectifs du fermier est primordiale. Bien que des accroissements de rendement intéressent ce dernier, cela ne peut être qu'un aspect des objectifs multiples et composés. Les économistes, renommés pour leurs capacités à émettre des hypothèses, utilisent souvent pour objectif la maximisation du bénéfice ou du revenu. Ceci permet d'agréger les effets divers associés à l'introduction d'une nouvelle technologie telle que l'utilisation d'intrants (coûts) et de rendements (revenus bruts) plus élevés. Toutefois, les fermiers s'inquiètent aussi de la

variabilité d'un revenu généré par une nouvelle technologie, de sa capacité à répondre aux besoins du ménage (par exemple, la consommation alimentaire) et de son ajustement au sein de la marche globale de la ferme. Une fonction d'objectif plus appropriée doit prendre en compte certaines de ces considérations, surtout l'aspect du risque pris par l'exploitant.

La question de l'ajustement de la technologie proposée au système de production dans son ensemble est difficile à analyser dans le contexte des EMR: les essais sont menés sur une portion des terrains du fermier et ce dernier n'est pas libre d'ajuster la quantité de terre consacrée à ces activités. Les fermiers participant aux essais à long terme menés par le Centre International de Développement des Engrais (IFDC), ont souvent demandé à appliquer des engrais aux parcelles témoins (semblable à T1 dans le Tableau 5.1). Un modèle représentatif de la ferme peut alors se révéler utile pour prédire l'effet d'une technologie sur les autres activités fermières.

L'utilisation de modèles représentatifs de la ferme au temps du PARA peut être illustrée par les études de Krause *et al.* (1987 et 1988). Celles-ci concernent les questions de disponibilité en main-d'oeuvre et en crédit, et leurs effets respectifs sur l'adoption des technologies développées par l'INRAN. L'incertitude associée aux différentes technologies affecte de manière significative les résultats des modèles, par le fait que les fermiers sont moins disposés à utiliser les stratégies les plus risquées que s'ils maximisaient simplement les bénéfices de l'entreprise.

En utilisant le modèle d'une ferme représentative de deux villages dans le département de Maradi, Krause *et al.* (1987) ont confirmé l'existence de goulots d'étranglement de main-d'oeuvre empêchant des bénéfices plus importants par l'utilisation d'une technologie plus intensive, T4 (Tableau 5.1).

Ces modèles de ferme ne couvrent que les deux premiers mois de la saison de culture. Ceci concerne les opérations par lesquelles la main-d'oeuvre s'avère être contraigante dans les systèmes de production traditionnels (semis et sarclage). Ces modèles supposent aussi que huit périodes de pluies adéquates (deux jours consécutifs de précipitations de 10 mm ou plus, ou précipitations de semis) alternent avec sept périodes sèches. Ces périodes affectent la manière dont les fermiers peuvent effectuer les tâches culturales.

La valeur brute d'un jour de travail supplémentaire mis à disposition du fermier peut être estimée en utilisant un tel modèle, par la valeur de la production supplémentaire fournie par une augmentation de la main-d'oeuvre disponible dans le modèle. Les estimations de ces revenus additionnels basées sur une semaine de six jours se trouvent dans le Tableau 5.2. Ces montants sont

souvent supérieurs au salaire journalier moyen de 600 francs CFA payé à cette période de la campagne.

Toutefois, l'offre extra-familiale de main-d'oeuvre est généralement faible à cette époque. Ces résultats suggèrent que tous les bénéfices de l'ensemble de technologies T4 ne peuvent être atteints que si l'on résoud d'abord les problèmes dûs au manque de main-d'oeuvre et la demande supplémentaire en main-d'oeuvre causée par l'utilisation de nouvelles technologies.

5.4 Conclusion

Dans cette section, nous avons passé en revue plusieurs éléments de la méthode de la RMR menée par l'INRAN sous l'influence du PARA. On a montré l'utilité de modèles simples de la ferme, tels que ceux utilisés dans l'analyse des problèmes de disponibilité en ressources. Des modèles similaires ont été utilisés pour analyser les effets du commerce avec le Nigéria (Adesina, 1985), le coût et les termes du crédit, le taux d'adoption des technologies développées par l'INRAN (Krause *et al.*, 1988) ainsi que l'effet du risque sur les décisions du fermier vis-à-vis des nouvelles technologies (Adesina, 1988).

Les méthodes de programmation utilisées dans ces études ont conduit à des conclusions importantes quant à la direction future des recherches et pourraient, par la suite, être appliquées à d'autres questions en ce qui concerne l'utilité des technologies développées par l'INRAN et les contraintes potentielles à leur adoption.

TABLEAU 5.1 Traitements pour les essais en milieu réel de culture associée mil/niébé. (Krause *et al.*, 1987)

	Traitement			
Variable	T1	T2	T3	T4
Variété:				
Niébé	TN 5-78	TN 5-78	TN5-78	TN5-78
Mil	Traditionnel	CIVT	CIVT	CIVT
Espacement des plants	Traditionnel	Traditionnel	Deux rangs de niébé espacés de 75 cm entre chaque rangée de mil espacée de 150 cm	
Densité de semis:				
Niébé	Traditionnel	Traditionnel	18,000/ha	18,000/ha
Mil	Traditionnel	Traditionnel	9,000/ha	9,000/ha
Engrais:				
Simple superphosphate (18% P_2O_5)	sans	sans	sans	100 kg/ha[1]
Urée (42% N)				
au moment du tallage	sans	sans	sans	25 kg/ha[2]
à l'épiaison	sans	sans	sans	25 kg/ha[2]

[1]Appliqué à la volée et incorporé avant le semis du mil.

[2]Appliqué dans de petits trous à côté des poquets de mil.

TABLEAU 5.2 Valeur implicite de la main-d'oeuvre journalière en francs CFA, par période et par village, avec une semaine de travail de six jours et sans coût du capital; essais en milieu réel, 1986. (Krause *et al.*, 1987)

	Valeur implicite du travail à (FCFA/jour)	
Période	Maiguéro	Rigial Oubandawaki
H1 (pluie)	826	251
H2 (pluie)	0	0
H3 (pluie)	1661	1951
S3 (sèche)	1221	1269
H4 (pluie)	1258	1288
S4 (sèche)	1085	1122
H5 (pluie)	929	1005
S5 (sèche)	831	917
H6 (pluie)	741	810
S6 (sèche)	706	720

6. RECOMMANDATIONS DE RECHERCHE

6.1 Généralités

Les activités de recherche débutées sous l'égide du PRAAN de l'USAID et d'autres organismes donnateurs, devront aborder une recherche compatible avec le Plan à Long Terme de l'INRAN tel qu'il a été élaboré par l'ISNAR. La recherche du DECOR en économie agraire menée durant le PARA dans la région de Maradi et de Niamey, devra être étendue aux départements de Tahoua, Zinder et Diffa où de nouvelles stations de recherche seront établies d'après un plan à long terme.

Le nombre limité de chercheurs locaux déjà formés et l'importance des charges administratives qui leur ont été confiées ont empêché la pratique plus étendue de la recherche pluridisciplinaire lors des premières années d'existence de l'INRAN. Par exemple, au début du PARA, l'INRAN n'avait pas un seul agronome formé consacrant tout son temps à la recherche dans cette discipline cruciale. Durant la plus grande partie du PARA, l'INRAN n'a disposé que d'un seul phytopathologiste et de trois entomologistes pour mener des recherches en protection des plantes sur toutes les cultures pratiquées dans la totalité du pays.

Le retour d'un nombre substantiel de participants ayant travaillé à long terme au sein du PARA et dans d'autres programmes de formation de l'INRAN, permettra une meilleure interaction entre les différentes disciplines de recherche. Une bonne gestion de la recherche mènera à une meilleure efficacité et à des progrès importants basés sur une recherche pluridisciplinaire efficace. Ce type de recherche se révèlera plus bénéfique que celle menée individuellement par différents chercheurs.

6.2 Méthodologie

Le programme de recherche en systèmes de production défini et mis en place durant le PARA a suivi l'approche suivante: définition de domaines de recommandations, sondages de base et recherches en station ainsi qu'en milieu réel (voir Section 5). La suite logique de cette approche est la détermination du taux d'adoption des technologies évaluées en milieu réel. On doit consacrer de plus en plus d'efforts à l'obtention de commentaires concernant les technologies introduites, particulièrement de la part des fermiers et du personnel de vulgarisation.

6.3 Priorités de recherche

6.3.1 Amélioration des cultures

Etant donné la stabilité et la supériorité des rendements d'hybrides de sorgho au Niger telles qu'elles ont été démontrées, des études socio-économiques détaillées sont nécessaires pour établir le potentiel d'adoption de cette technologie par les fermiers nigériens, que ce soit en

conditions pluviales ou irriguées. Une question importante liée à ce problème est la possibilité technique et économique de la production de semences hybrides au Niger, soit par le système de production semencier du gouvernement, soit par l'industrie privée. Il est nécessaire d'adopter une politique nationale rationnelle pour promulguer des méthodes de production des semences, une politique de commercialisation et une échelle des prix.

Des systèmes de stérilité mâle qui permettent la production d'hybrides existent aussi pour le mil et sont utilisés aux Etats-Unis, en Inde et dans d'autres pays. Vu l'importance et l'étendue de la culture du mil au Niger, le développement et l'évaluation d'hybrides de mil doivent être commencés aussi rapidemment que possible par le programme d'amélioration du mil de l'INRAN.

Les programmes de sélection concernant tous les cultivars devront continuer leurs efforts visant à produire des variétés plus productives aux rendements plus stables. Dans le but d'atteindre la stabilité de rendement requise, une meilleure coopération est nécessaire entre les phytosélectionneurs et les spécialistes en protection des plantes dans la recherche sur la résistance à divers fléaux. L'amélioration du sorgho doit mener à la résistance ou à la tolérance au *Striga*, au charbon allongé et aux parasites de l'épi. En ce qui concerne le mil, la résistance au mildiou, à la mineuse de l'épi et au *Striga* est désirable. La résistance au *Striga*, à la bruche, au foreur de gousses, et au thrips doit être développée pour le niébé.

Il est essentiel qu'avant le vulgarisation, le Laboratoire de Qualité Céréalière de l'INRAN évalue de nouveaux cultivars de cultures selon les critères des fermiers concernant le goût, la couleur, la qualité nutritionnelle et d'autres caractéristiques importantes.

6.3.2 Agronomie

Un effort continu doit être investi dans la recherche et le développement de nouvelles pratiques culturales à faible niveau d'intrants pour les cultivars existants. Le même genre d'effort doit mener au développement de pratiques appropriées pour les cultivars les plus productifs provenant des programmes de sélection de l'INRAN. L'accent doit être mis sur l'amélioration des pratiques de culture associée et sur l'incorporation de variétés améliorées dans ces systèmes de culture. Une intensification de la recherche agronomique et physiologique sur les méthodes de conservation de l'eau et sur les moyens d'augmenter l'efficacité d'utilisation de l'eau par les cultures, permettra de surmonter la contrainte que constitue la faible pluviométrie observée récemment.

6.3.3 Socio-économie

Les modes de production agricole sont destinés à changer rapidement de par l'importance accrue des cultures irriguées et des variétés nouvelles, mieux adaptées à une agriculture plus intensive. Des modifications du système de production entrainant des mouvements importants dans les prix et les biens agricoles peuvent avoir des effets cruciaux sur la consommation.

L'Unité de Production doit donc étendre géographiquement ses activités et s'intéresser à de nouveaux problèmes de production. De plus, de nouveaux domaines de recherche en matière de consommation ménagère, de commercialisation et d'analyse de la politique agricole s'avèrent nécessaires.

6.3.3.1 Programmes de recherche en matière de production

L'Unité de Production du DECOR est la seule unité totalement fonctionnelle. Elle est et restera l'une des unités principales du programme de recherche du DECOR. Elle est basée sur l'approche de la recherche en milieu réel et le DECOR, en étroite collaboration avec le Programme Agronomique du DRA, a mené avec succès un programme d'essais en milieu réel dans les Départements de Maradi et de Niamey. Des données concernant l'adoption au niveau de la ferme des technologies nouvelles proposées par l'INRAN ont été récoltées durant trois années. Leur analyse a fourni aux agronomes et phytosélectionneurs de l'INRAN des informations utiles pour l'orientation de leurs programmes de recherche. Ce programme doit être poursuivi et étendu de plusieurs manières. Tout d'abord, les sondages de base doivent être effectués, les domaines de recommandations identifiés, et les essais en milieu réel commencés dans les départements de Tahoua, Zinder et Diffa. Deuxièmement, le DECOR doit démarrer, en collaboration avec le DRE et l'ONAHA, une série de sondages de base dans la région de l'Ader-Douchi-Maradi afin de déterminer le potentiel de production de l'irrigation à petite échelle en contre-saison. Troisièmement, la recherche en production doit comprendre l'étude du système de production dans sa globalité, y compris la production animale, les prairies temporaires et l'agro-foresterie. Les études de systèmes de culture se sont jusqu'ici limitées aux cultures associées mil/niébé et au sorgho en monoculture. Les recherches en cultures associées comprenant le sorgho, le niébé, le mil, l'arachide, et d'autres cultures pratiquées au Niger doivent être développées afin de refléter la diversité des modes de cultures. Certains essais en milieu réel doivent être commencés dans des zones spécifiques afin de déterminer le potentiel de la traction animale dans la préparation du sol et l'amélioration de la conservation de l'eau. Ceci doit être fait, autant que possible, en collaboration étroite avec les Projets Productivité, en partageant les ressources de projets financés par d'autres sources, l'INRAN ne disposant pour l'instant ni du personnel ni du soutien logistique suffisant pour entreprendre seul cette étude. Néanmoins, dans l'esprit des recommandations de l'ISNAR, l'INRAN devra maintenir un contrôle de la qualité de tels efforts collaboratifs de recherche.

6.3.3.2 Modèles de consommation domestique

Des sondages sur la consommation domestique doivent être conçus et exécutés afin de déterminer les préférences de goût et les modes de consommation du mil, du sorgho, du maïs, du riz blanc, du niébé et des légumes. L'élasticité-prix est un des concepts les plus utilisés par les preneurs de décisions et les administrateurs de la recherche dans l'allocation de fonds pour les différents programmes de recherche. A l'heure actuelle, aucune estimation fiable d'élasticité-prix n'existe pour le Niger. On doit développer un minimum de deux modèles de consommation ménagère, un pour le département de Maradi et l'autre pour celui de Niamey.

Ces modèles devront intégrer les aspects de la production de la consommation du ménage rural nigérien. Ils permettront d'obtenir différents groupes d'élasticité:

- l'élasticité-prix de la demande et l'élasticité des dépenses allouées à la consommation des cultures principales, des biens achetés au marché et de l'offre de main-d'oeuvre.

- les élasticités par rapport au taux de salaire, aux coûts des semences, des engrais, des pesticides, aux taux d'intérêt et au capital, à la disponibilité en terre (par catégorie de qualité) et à la taille de l'exploitation agricole; tous ces facteurs se répercutant sur l'auto-consommation ménagère des principales cultures, de la nourriture achetée et des biens non-alimentaires.

- l'élasticité-prix de l'offre et du surplus commercialisé des cultures principales.

- l'élasticité-prix de la demande en travail et en réaction aux variations de prix des intrants et extrants de disponibilités en terre.

- les élasticités-prix croisées de l'offre et du surplus commercialisé des différents extrants agricoles.

- les élasticités-prix croisées de la demande pour divers extrants agricoles.

Il est possible d'examiner un certain nombre de politiques agricoles au moyen des modèles mentionnés ci-dessus. Les résultats empiriques prévus pour ces modèles ont des implications importantes sur l'étude des politiques agricoles dans quatre domaines:

- Les politiques de ravitaillement et de prix. L'INRAN, en collaboration avec le Ministère de l'Agriculture, devra développer sa capacité à prévoir la réponse des surplus commercialisés aux politiques gouvernementales de gestion de la production et de la consommation, afin d'évaluer le coût et l'impact de telles politiques sur différents groupes de la population. Ceci est d'autant plus important lorsque ces politiques affectent les variétés nouvellement développées (par ex. les sorghos hybrides).

- La politique de l'emploi et toutes politiques affectant les technologies agricoles. Comment les ménages d'agriculteurs nigériens répondent-ils aux changements technologiques dans leur allocation de la main-d'oeuvre familiale? Cette question est très importante pour les chercheurs de l'INRAN qui mettent au point des technologies plus intensives et plus économiques en matière de main-d'oeuvre.

- Les politiques de prix et d'emploi rural. L'augmentation des prix des produits agricoles provoque un accroissement de la production

agricole et une montée de la demande de main-d'oeuvre, mais la disponibilité de la main-d'oeuvre familiale diminue en fonction de l'augmentation du revenu. Ainsi, les ménages non-agricoles (et ceux qui n'ont pas accès à la terre) pourraient bénéficier de l'augmentation des salaires et de l'offre d'emplois agricoles consécutifs à l'augmentation du prix des produits agricoles.

- Les liens entre l'emploi urbain et la demande. La poussée du secteur agricole peut engendrer un emploi accru dans le secteur non-agricole si la croissance et la distribution des revenus agricoles augmentent la demande pour les biens et services non-agricoles. Cette articulation inter-sectorielle doit être mieux comprise.

Un défi supplémentaire consiste à intégrer ce type d'informations dans une structure basée sur la maximisation de l'utilité attendue. On doit donc recueillir des informations concernant les objectifs des fermiers et leur attitude vis-à-vis du risque.

L'approche du modèle proposé devra intégrer des données sur la gestion de la ferme récoltées dans le cadre du PARA, et sur les budgets des ménages, à récolter durant le PRAAN d'une manière qui permette d'analyser les décisions de production et de consommation prises chaque jour par les ménages d'agriculteurs nigériens. Une meilleure compréhension de ces décisions devrait résulter de tels modèles et aider dans la mise au point de programmes de recherche plus pertinents pour l'INRAN. Ceux-ci concerneront des problèmes prioritaires et aboutiront au développement de solutions viables. De plus, l'INRAN en collaboration avec le Ministère de l'Agriculture, sera par la suite en position de fournir aux preneurs de décisions des informations adéquates sur l'impact attendu de diverses politiques.

Ce secteur de recherche est délicat et complexe, et requiert une expérience considérable. Il est conseillé que l'INRAN recherche le soutien de l'Institut International de Recherche en Politiques Agricoles pour mettre au point de telles études.

6.3.3.3 Modèles de commercialisation

Les canaux de distribution et de commercialisation privés, publiques et para-gouvernementaux des céréales et des légumineuses devront être étudiés du point de vue de leurs structure, conduite et performance. Le DECOR est composé de deux sections principales: l'unité de systèmes de production et l'unité de commercialisation. Pour l'instant, le DECOR a développé la section de production. Ceci est dû principalement à deux facteurs: (1) les problèmes de production doivent être étudiés d'abord, étant donné le rôle qu'ils jouent dans l'établissement des programmes d'agronomie et de sélection des plantes de l'INRAN, et (2) le DECOR ne disposait pas du personnel qualifié nécessaire pour des études approfondies sur le système de commercialisation. Depuis 1984, le DECOR a entrepris une étude systématique et hebdomadaire des prix des intrants et des produits agricoles dans tous les villages où l'INRAN mène des essais en milieu réel. Ces données

ont été utilisées pour construire des budgets d'exploitation dans l'analyse des essais en milieu réel. Ces sondages se sont révélés très utiles. Néanmoins, le DECOR doit maintenant entreprendre un programme de recherche en commercialisation abordant les questions qui jouent un rôle dans le transfert des technologies de l'INRAN auprès des fermiers nigériens. Par exemple, on connait mal la structure et la performance des marchés céréaliers. Ly Samba est en train d'effectuer une étude approfondie sur les marchés du riz (dans le cadre de son mémoire de thèse). A son retour au DECOR, il est possible qu'il entreprenne des études similaires sur le mil, le sorgho et le niébé. Le système de commercialisation des intrants est aussi peu connu. Les flux commerciaux d'engrais phosphatés et azotés entre le Nigéria et le Niger ont été documentés sporadiquement mais aucune étude complète sur les marchés d'intrants agricoles n'a été effectuée à ce jour. Ces études de commercialisation sont vitales pour deux raisons. Tout d'abord, les phytosélectionneurs et les agronomes de l'INRAN doivent connaitre les marchés potentiels pour leurs produits et dans quelle mesure les intrants requis pour le succès des pratiques culturales et des nouveaux cultivars seront disponibles pour les fermiers. Deuxièmement, le Directeur Général doit être informé des structures de marchés et de leurs performances, de façon à mieux convaincre les preneurs de décisions politiques de l'impact des politiques agricoles sur les marchés. Par exemple, si les preneurs de décisions pensent subventionner un intrant, l'impact de ce subside sur l'adoption de technologies (basées principalement sur l'utilisation de technologies biologiques et chimiques modernes développées par l'INRAN) doit être bien compris. Le taux d'adoption sera influencé par la structure du marché libre des intrants monétaires.

6.3.3.4 Unité d'analyse de la politique agricole

Une quatrième section est nécessaire à l'intégration efficace des résultats de la recherche menée par les unités de recherche en production, consommation et commercialisation du DECOR: l'unité d'analyse de la politique agricole. Cette unité sera en outre responsable de distribuer les résultats des autres unités de recherche parmi les chercheurs d'autres départements de l'INRAN, du service de vulgarisation et parmi les preneurs de décision du Ministère de l'Agriculture et ce, sous une forme claire et immédiatement utilisable.

6.3.3.5 Liaison avec la vulgarisation

Tout d'abord, le service de vulgarisation doit être invité à participer activement aux essais en milieu réel. Deuxièmement, les taux potentiels d'adoption dans les zones cibles de l'INRAN doivent être calculés. Un questionnaire à ce sujet a déjà été élaboré par le DECOR; le sondage doit maintenant être effectué.

7. REFERENCES

Adamou M. et J. Clark. 1985. Importance et Amélioration du Sorgho au Niger. *In*: Axtell, J.D. and J.W. Clark (eds). *Niger Sorghum and Millet Workshop, Report of Research Collaboration in Niger.* 13-17 October, Niamey, Niger.

Adamou, née Rabi Oumarou. 1986. Evaluation agro-économique de quatre variétés de sorgho sur le périmètre irrigué de Konni. Mémoire de fin d'études. Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Rennes, Chaire d'Economie Rurale. Institut National de Recherches Agronomiques du Niger. Département de Recherches en Economie Rurale.

Adamou M. and J.W. Clark. 1985. Amélioration du Sorgho. Résultats de l'hivernage 1984. INRAN, B.P. 429, Niamey, Niger.

Adamou M. and J.W. Clark. 1986. Amélioration du sorgho. Résultats de l'hivernage 1985. INRAN, BP 429, Niamey, Niger.

Adesina, A.A. 1985. A Mathematical Programming Analysis of Cereal Production, Marketing Policy in Niger and the Cross Border Trade with Nigeria. M.S. Thesis. Purdue University, West Lafayette, Indiana, U.S.A.

Calkins, P. 1988. Systèmes d'exploitation agricole: Thèmes et méthode d'analyse. Série Conférence No 7. Centre Sahel. Université Laval. Montréal, Canada.

Chantereau, C. et M. Adamou. 1977. Principaux résultats et orientation sur sorgho au Niger. *Agronomie Tropicale* 33(3).

Chayanov, A.V. 1928. Peasant farm organization. Republished in D. Thorner, B. Kerblay and R.E.F. Smith (eds) 1966. *The Theory of Peasant Economy*. Homewood, Illinois: American Economic Association.

CIMMYT. 1986. *From Agronomic Data to Farmer Recommendations: An Economics Training Manual*. Mexico, D.F.: CIMMYT.

Clark, J.W. 1987. Programme Amélioration du sorgho. Rapport Annuel de la Campagne Hivernale 1986. INRAN. BP 429, Niamey, Niger.

Clark, J.W. 1988. Programme Amélioration du sorgho. Rapport Annuel de la Campagne Hivernale 1987. INRAN, BP 429, Niamey, Niger.

Cunard, A.C., 1979. Culture associée, mil-arachide et mil-niébé. Rapport technique annuel de l'Institut National de Recherche Agronomique du Niger (INRAN). INRAN, BP 429, Niamey, Niger.

Davis-Rainey, J.G. 1987. Preliminary Report. Mimeo. Niamey, Niger.

Dick, K.M. and W.F. Credland, 1986. Changes in the Response of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) to a Resistant Variety of Cowpea. *J. Stored Prod. Res.* 22: 227-233.

Fredericksen, R.A. 1987. INTSORMIL Trip Report (Niger). Texas A & M University, College Station, Texas.

Fussell, L.K and P.G. Serafini, 1985. Crop Associations in the Semi-Arid Tropics of West Africa: Research Strategies Past and Future. In: Ohm, H.W. and J.G. Nagy (eds), *Appropriate Technologies for Farmers in Semi-Arid West Africa.* Purdue University, West Lafayette, Indiana U.S.A. pp. 218-235.

Hassane, H. 1985. Situation actuelle de la recherche en pathologie végétale au Niger. *In*: Axtell, J.D. and John W. Clark (eds). *Niger Sorghum and Millet Workshop, Report of Research Collaboration in Niger.* pp. 3-12.

Hess, D. Unpublished data on file. Purdue University, West Lafayette, Indiana U.S.A.

Hess, D. and G. Ejeta. 1987. Effect of Cultural Treatments on Infestation of *Striga Hermonthica* (Del.) Benth. (Scrophulariaceae) on Sorghum in Niger. *In*: Weber, H. Chr. and W. Fortreuter (eds). *Parasitic Flowering Plants, Proceedings of the 4th ISFP*, Marburg (1987). pp. 367-375.

House, Leland R. 1985. *Guide to Sorghum Breeding.* ICRISAT, Hyderabad, India.

ICRISAT. 1980. Report on the West African Sorghum Adaptation Trials - 1987. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, BP 4881, Ougadougou, Burkina Faso.

IPDR. 1988. Séances pratiques d'expérimentation agronomique: conduite d'une parcelle d'essai de comportement variétal de sorgho de vallée en saison sèche (Saison séche 1987/1988). Formateur Amadou Boubacar.

IRAT (Institut de Recherche en Agronomie Tropicale), 1965. Rotation et assolement. Rapport annuel des recherches agronomiques du Niger.

Jachai, L.E.N. and R.A. Daoust. 1986. Insect Pests of Cowpeas. *Ann. Rev. Entomol.* 31:95-119.

Jika, G. Jada et B. Ouendeba. 1988. Programme développement de la culture du mil. Bilan des cinq dernières années de recherche en matière de sélection et perspectives d'avenir. INRAN, BP 429, Niamey, Niger.

Jones, J.R. and B. J. Wallace. 1986. Social Science in Farming Systems Research. *In*: Jones, J.R., and B.J. Wallace. 1986. *Social Science and Farming Systems Research.* Methodological Perspectives on Agricultural Development. Boulder, Colorado: Westview. pp. 1-20.

81

Kapran, I. 1987. Evaluation of the Agronomic Performance and Food Quality Characteristics of Experimental Sorghum Hybrids in Niger, West Africa. M.S. Thesis, Purdue University, West Lafayette, Indiana. 135 p.

Kitch, Laurie. 1987. Relationship of Bruchid (*Collosobruchus maculatus*) Resistance Genes in Three Cowpea Cultivars. Ph.D Thesis. Purdue University, West Lafayette, Indiana U.S.A.

Krause, M.A., R.R. Deuson, J. Lowenberg-DeBoer, T.G. Baker, P. Preckel, and K.C. Reddy. 1988. The Influence of the Costs and Terms of Credit on Agricultural Technology Adoption in Niger. Mimeo. West Lafayette, Indiana. Purdue University, Department of Agricultural Economics.

Krause, M.A., K. Maliki, K.C. Reddy, R.R. Deuson, and M. Issa. 1987. Labor Management Effects on the Relative Profitability of Alternative Millet-Cowpea Intercrop Systems in Niger. Presented at 1987 Farming Systems Research Symposium, October 18-21 at Fayetteville, Arkansas, U.S.A.

Ly, S.A., G. Numa, M.G. Gao, K.C. Reddy, R. Deuson, and S. Swinton, 1986. The Evolution of Farming Systems Research at the National Institute of Agricultural Research of Niger. *In*: Flora, C.B. and M. Tomecek (eds), *Farming System Research and Extension: Management and Methodology*. Kansas State University, Manhattan, Kansas, U.S.A. pp. 93-109.

Mahaman, M.I. 1988. Row, Broadcast, Hill or Strip Placement of P Fertilizer on Millet and Rice in Niger. M.S. Thesis. Purdue University, West Lafayette Indiana, U.S.A.

Maiga, S.A. 1985. Données Acquises sur la Mineuse de l'Epi du Sorgho et des Foreurs de la Tige du Mil au Niger. *In*: Axtell, J.D. and John W. Clark (eds). *Niger Sorghum and Millet Workshop, Report of Research Collaboration in Niger*. pp. 145-162.

Maliki, K., M. Issa, G. Ibro, M. Zarafi, G. Numa, and C. Reddy. 1988. Synthèse des résultats de cinq années d'activités 1983-87. Document No. 18F. INRAN/DECOR. Presented at INRAN Annual Meetings, Maradi, 12-19 September.

Ministère du Développement Rural, 1984. Réunion annuelle des cadres nationaux et départementaux de l'agriculture. Evaluation de la campagne 1983 et préparation de la campagne agricole 1984. Niamey, Niger.

Niangado, O. and B. Ouendeba. 1987. Varietal Improvement of Pearl Millet in West Africa. ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics). *In*: *1987 Proceedings of the International Pearl Millet Workshop*, 7-11 April 1986. ICRISAT Center, India. Patancheru, A.P. 502324, India: ICRISAT.

Norman, D.W. 1970. Mixed Cropping. Presented at the Workshop on Traditional Farming Systems and their Intensification. Ford Foundation, IITA/IRAT, 16-20 November 1970. Ibadan, Nigeria.

Numa, Gibert. 1985. Les unités de production agricole expérimentales (U.P.A.E.) dans l'arrondissement de Filingué. Résultats de la campagne agricole 1984. Document no 6. INRAN/DECOR.

Ofori, F. and Stern, W.R. 1987. Cereal-Legume Intercropping Systems. *Advances in Agronomy*. 41: 41-90.

Ohm, H.W., J.G. Nagy and S. Sawadogo. 1985. Complementary Effects of Tied Ridging and Fertilization with Cultivation by Hand and Donkey and Ox Traction. *In*: Ohm, H.W., and J.G. Nagy (eds). *Appropriate Technologies for Farmers in Semi-Arid West Africa*. Purdue University, West Lafayette, Indiana, U.S.A.

Ouattara M. et N. Persaud. 1985. Contraintes liées au sol et à l'eau et adaptations à ces contraintes par les paysans locaux lors de la production céréalière en culture pluviale. *In*: Axtell, J.D. and John W. Clark (eds). *Niger Sorghum and Millet Workshop, Report of Research Collaboration in Niger*. pp. 95-105.

Rachie, K.O. 1985. Introduction. *In*: Singh, S.R. and K.O. Rachie (eds). *Cowpea Research Production and Utilization*. John Wiley and Sons, Chichester, United Kingdom.

Reddy, K.C. 1988. Stratégies alternatives pour la production de mil/niébé pendant l'hivernage. Fascicule No 1. Institut National de Recherche Agronomique du Niger (INRAN), BP 429, Niamey, Niger.

Rhoades, R.E., D.E. Horton, and R.H. Booth. 1986. Anthropologist, biological scientist and economist: The three musketeers or three stooges of farming systems research? *In*: Jones, J.R, and B. J. Wallace. 1986. *Social Sciences and Farming Systems Research. Methodological Perspectives on Agricultural Development*. Boulder, Colorado: Westview. pp. 21-40.

Sawadogo, S. and M.O. Kaboré, 1984. Le point de la recherche sur les cultures associées en zone sahelo-soudanienne du Burkina Faso. Presented at Regional Workshop on Intercropping in the Sahelian and Sahelo-Sudanian Zone of West Africa, November 7-10, 1984. Niamey, Niger. 33 p.

Sawadogo, S., J.G. Nagy, and H.W. Ohm, 1985. Cereal-Cowpea Associations in Burkina Faso. *In*: Ohm, H.W. and J.G. Nagy (eds). *Appropriate Technologies for Farmers in Semi-Arid West Africa*. Purdue University, West Lafayette, Indiana U.S.A. pp. 249-259.

Simmonds, N.W. 1985. The State of the Art of Farming Systems Research. World Bank Technical Paper. Washington DC: World Bank.

Sivakumar, M.V.K. 1987. Soil-Climatic Zonation for the West African Semi-Arid Tropics. *Agricultural and Forest Meteorology*. 41.

87

Sivakumar, M.V.K. 1988. Predicting Rainy Season Potential from the Onset of Rains in Southern Sahelian and Sudanian Climatic Zones of West Africa. *Agricultural and Forest Meteorology*. 42, 295-305.

Soumana, I. et K.C. Reddy, 1987. La recherche sur la culture associée au Niger. Document présenté à l'atelier sur la gestion de l'eau et des ressources naturelles pour augmenter la production alimentaire en Afrique, tenu à Niamey du 9 au 14 Mars, 1987, par l'Université de Niamey et la Fondation Internationale pour la Science (IFS), Niamey, Niger.

Steck, G.J. and S.D. Maiga. 1987. Niger sorghum headbug Collaborative Research Project. Technical Report of Research Conducted July-November, 1986.

Stewart, J.I. 1988. *Response Farming in Rainfed Agriculture*. WHARF Foundation Press, Davis, California U.S.A.

Swinton, S. and S. Ly. 1984. Defining Agricultural Recommendation Domains in South Central Niger. Document No. 3E, INRAN/DECOR.

Teetes G.L. and F.W. Gilstrap. 1985. Recherche sur les punaises de la panicule du sorgho et des foreurs de la tige du mil au Niger. *In*: Axtell, J.D. and John W. Clark (eds). *Niger Sorghum and Millet Workshop, Report of Research Collaboration in Niger*. pp. 163-170.

Thijssen, N., 1987. On-farm Research on Cropping Systems in the Northern Region of Niger, 1984-1987. Institut National de Recherches Agronomiques du Niger (INRAN), BP 429, Niamey, Niger.

Treubath, B.R. 1986. Resource Use by Intercrops. *In*: Francis, C.A. (ed). *Multiple Cropping Systems*. Macmillan Publishing Company: New York. pp. 57-81.

Tyler, T.A. 1987. Heterotic Pattern and Combining Ability for Agronomic and food Grain Quality Traits in Exotic X Exotic, Exotic X Intermediate, and Exotic X Local Sorghum Hybrids in Niger. M.S. Thesis. Purdue University, West Lafayette, Indiana, 150 p.

Wendt, J.W. 1986. Pearl Millet (*Pennisetum typhoides*) Response to Soil Variability in Sandy Ustalfs Near Niamey, Niger, West Africa. M.S. Thesis. Texas A&M University, College Station, Texas.