

I I T A / S A F G R A D

INSTITUT INTERNATIONAL D'AGRICULTURE TROPICALE

PROJET DE RECHERCHE ET DE DEVELOPPEMENT SUR LES  
CULTURES VIVRIERES DANS LES ZONES SEMI-ARIDES

OUA/CSTR PROJET CONJOINT 31

633.1  
IIT

RESULTATS DE 9 ANNEES DE RECHERCHE SUR LE MAÏS ET LE NIEBE DANS  
LES ZONES SEMI-ARIDES DU BURKINA FASO.

- I. INTRODUCTION
- II. PROGRAMMES ET RESULTATS DE RECHERCHE
- III. FORMATION
- IV. PROBLEMES ET DIFFICULTES RENCONTRES
- V. RECOMMANDATIONS
- VI. ANNEXE.

Bibliothèque UA/SAFGRAD  
01 BP. 1783 Ouagadougou 01  
Tél. 30 - 60 - 71/31 - 15 - 98  
Burkina Faso

633.1  
IIT / 7B

## I. INTRODUCTION

Le projet SAFGRAD vise principalement : a) à mener et promouvoir des activités de recherche et de développement sur trois cultures céréalières (Maïs, Sorgho et Mil) et deux légumineuses à graines (Niébé, Arachide) dans les zones semi-arides d'Afrique; b) à participer à la formation des chercheurs nationaux.

Ce projet, couvrant 27 pays africains, appartient à l'Organisation de l'Unité Africaine, sous le contrôle direct de la Commission Scientifique Technique et de Recherche (CSTR) basée à Lagos (Nigéria). Le SAFGRAD est coordonné par le Bureau de Coordination de l'OUA/CSTR basé à Ouagadougou.

L'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA), basé à Ibadan, Nigéria, a été chargé du volet Maïs et Niébé financé par l'USAID et le CRDI. Ainsi, 5 chercheurs de l'IITA ont été basés à Kamboinsé. Dernièrement, l'IITA a été chargé aussi de mener le programme Gestion Eau/Sol, préalablement assuré par l'ICRISAT/SAFGRAD. A cet effet, un 6ème chercheur de l'IITA a été basé à Kamboinsé depuis Mai 1985.

Les 6 chercheurs de l'IITA répondent aux spécialités suivantes : un Sélectionneur du maïs, un Agronome du maïs, un Agronome du niébé, un Entomologiste, un Spécialiste de la Gestion eau/sol et un Sélectionneur du niébé.

Les objectifs principaux du Programme IITA/SAFGRAD sont :

- (a) Tester et développer des variétés et pratiques culturales améliorées, permettant d'obtenir des rendements économiquement plus élevés et plus stables que ceux habituellement obtenus par les paysans travaillant dans les régions semi-arides ;
- (b) Organiser et promouvoir l'expérimentation au niveau régional du matériel génétique (Maïs, Niébé) et des technologies disponibles dans la région ;

Bibliothèque UA/SAFGRAD  
01 BP. 1783 Ouagadougou G1  
Tél. 30 - 60 - 71/31 - 15 - 98  
Burkina faso

3964

- (c) Aider au renforcement des programmes nationaux de maïs et de niébé de ladite zone par la formation des cadres entre autres.

#### CADRE DE TRAVAIL

Les zones tropicales semi-arides d'Afrique de l'Ouest comprennent trois principales écologies :

- (a) Savane Nord-Guinéenne  
Pluviométrie annuelle : 900-1200 mm  
Durée de la saison pluvieuse : 4-5 mois.
- (b) Savane Soudanienne  
Pluviométrie annuelle : 600-900 mm  
Durée de la saison des pluies : 3-4 mois.
- (c) Savane Sahélienne  
Pluviométrie annuelle : 300-600 mm  
Durée de la saison pluvieuse : 2-3 mois.

Les 3 zones écologiques sus-citées sont représentées au Burkina Faso et le choix des sites de recherche par l'IITA/SAFGRAD dans le pays a permis de conduire une recherche au siège à caractère régional avec une applicabilité potentielle dans nombre de zones tropicales semi-arides d'Afrique de l'Ouest.

Les principaux sites de recherche au siège choisis par l'IITA/SAFGRAD sont :

- (a) Savane Nord-Guinéenne
  - Station de Recherche de Farako-Bâ (INERA) située à environ 12 km de Bobo-Dioulasso. Sols faiblement ferrallitiques et ferrugineux tropicaux. Moyenne pluviométrique annuelle : 1100 mm.
  - Antenne de la Vallée du Kou (INERA), située à environ 25 km de Bobo-Dioulasso. Sols principalement tropicaux ferrugineux. Moyenne pluviométrique annuelle : 1100 mm.

(b) Savane Soudanienne

- Station de Recherche de Kamboinsé (INERA) située à environ 14 km au Nord de Ouagadougou. Sols tropicaux ferrugineux et hydromorphes. Moyenne pluviométrique annuelle : 800 mm.
- Station de Recherche de Saria (INERA) située à environ 90 km à l'Ouest de Ouagadougou, près de Koudougou. Sols tropicaux ferrugineux pour la plupart. Moyenne pluviométrique annuelle : 800 mm.
- Loumbila (Ministère de l'Agriculture), situé à environ 15 km au nord de Ouagadougou sur la route de Kaya. Sols tropicaux ferrugineux pour la plupart. Moyenne pluviométrique annuelle : 800 mm. Des facilités limitées d'irrigation sont disponibles. La majeure partie du programme de sélection en contre-saison était par le passé menée dans ce site. Malheureusement, un malentendu a abouti à la perte partielle/totale de nos parcelles à Loumbila, malgré un important investissement d'aménagement réalisé par l'IITA/SAFGRAD.
- Gampela (IDR) situé à environ 20 km à l'Est de Ouagadougou. Sols surtout tropicaux ferrugineux. Pluviométrie annuelle : 700 mm.

(c) Savane Sahélienne

- Saouga, Gorom-Gorom (Ministère de l'Agriculture) situé à environ 300 km au Nord de Ouagadougou. Moyenne pluviométrique annuelle : 400 mm.
- Pobé (Ministère de l'Agriculture) situé à environ 200 km au Nord de Ouagadougou. Sols principalement tropicaux ferrugineux. Moyenne pluviométrique annuelle : 450 mm.

Outre les activités de recherche menées dans les sites sus-mentionnés, certains essais de recherche vérificative et de démonstration sont conduits dans les champs des paysans.

La recherche sur le niébé est conduite dans les 3 principales zones écologiques, mais la recherche sur le maïs a été limitée aux Savanes Soudanienne et Nord-Guinéenne.

## II. PROGRAMMES ET RESULTATS DES RECHERCHES

### 1. Sélection Maïs (Dr. A. O. Diallo, Dr. V.L. Asnani, Mr. I. Hema)

#### 1.1 Objectifs

A partir d'un programme de recherche au siège (Burkina Faso) et de la coopération régionale et internationale, le programme Sélection Maïs du projet IITA/SAFGRAD s'est fixé comme objectifs de développer ou d'identifier quatre types de variétés de Maïs:

- (a) Variétés précoces résistantes à la sécheresse en coopération avec l'Agronome du Maïs du projet IITA/SAFGRAD ;
- (b) Variétés extra-précoces pouvant échapper à la sécheresse survenant en début ou en fin de saison de pluies, c'est-à-dire pouvant être récoltées en moins de 82 jours, ou 60 jours pour la consommation à l'état frais ;
- (c) Variétés précoces (de 82 à 95 jours à la maturité) ;
- (d) Variétés à cycles intermédiaires (96 à 110 jours à la maturité) et résistantes à la striure pour la Savane Nord-Guinéenne (900-1200 mm de pluie).

Aussi, l'identification des variétés précoces de maïs pouvant être utilisées pour la culture de relais avec le niébé a fait partie de nos objectifs mais en degré beaucoup moindre.

## 1.2 Résultats Obtenus

### 1.2. 1 Programme au Siège

(a) Variétés résistantes à la sécheresse

Kamboinsé 86 Pool 16 DR

Across 86 Pool 16 DR

Farako-Bâ 86 Pool 16 HD

Early 86 Pool 16 DR

Pool 16 DR C1

Pool 16 DR C2

Temp x Trop n° 42.

(b) Variétés extra-précoces

TZEE-Y

TZEE-W-1

TZEE-W-2

TZEE-W-3

Les variétés locales (local Koudougou et local Rayitiri, Kamandaogo Tollo) ont été identifiées comme extra-précoces mais susceptibles aux maladies foliaires et à la verse.

(c) Variétés précoces

TZE-4

SAFITA-104

Temp. x Trop. n° 3

SAFITA-2

TZEF-Y

Kamboinsé 84 TZESR-W

Kamboinsé (1) 8433

kamboinsé 8546.

(d) Variétés intermédiaires

SAFITA-102

Temp. x Trop. n° 27

Loumbila 84 TZUT-Y

Farako-Bâ 85 TZSR-Y-1 (résistante à la striure)

Farako-Bâ 85 TZSR-W-1 (résistante à la striure).

- (e) Variétés pour culture de relais avec le niébé  
EV 8431 SR (résistante à la striure)

## 1.2.2 Coopération Nationale et Régionale

### 1.2.2.1 Coopération nationale

Un essai multilocal coopératif a été conjointement conduit en 1985 et a abouti à l'identification de deux variétés précoces adaptées aux conditions de l'ORD de Koudougou. Ce sont EV 8430 SR et TZESR-W. Aussi, cet essai a permis de confirmer la bonne performance de EV 8422 SR en cours de vulgarisation dans la zone de Bobo-Dioulasso sous le nom de SR 22.

Le projet FAO GCP/BKF ITA-031 travaillant à Koupéla, Tenkodogo et Bittou a identifié la variété TZESR-W de notre programme très prometteuse pour la région.

En coopération avec le CERC I deux hybrides développés à l'IITA-Ibadan et une variété EV 8443 SR du CIMMYT ont été identifiés pour le Sourou. Des semences des parents et de la variété expérimentale ont été mises à la disposition du projet SOFITEX chargé d'encadrer 300-500 familles dans ce périmètre irrigué.

### 1.2.2.2 Coopération Régionale

9 variétés précoces et intermédiaires proposées par notre programme : Capinopolis 8245, EV 8431 SR, Gusau 81 Pool 16, M.G. TZESR-W, SAFITA-2, Kamboinsé 83 TZUT-W, Across 83 TZUT-W, EV 8449 SR et EV 8422 SR se sont montrées très prometteuses dans 9 pays de l'Afrique de l'Ouest et Centrale.

## 2. **Agronomie du Maïs**

### 2.1 Objectifs

- (a) Evaluer l'importance relative des différents facteurs de sol, de climat et de gestion affectant la production du maïs dans les zones tropicales semi-arides.

- (b) Etablir des pratiques culturales appropriées pour la production du maïs dans un niveau de gestion faible-moyen et aussi pour un niveau de gestion moyen-élevé.
- (c) Aider à la formation de chercheurs nationaux des pays membres du SAFGRAD.

## 2.2 Contraintes agronomiques pour la production du Maïs dans les zones soudanienne et guinéenne de l'Afrique de l'Ouest

Sur les sols prédominants (sols ferrugineux tropicaux) de la savane de l'Afrique de l'Ouest, les principales contraintes sont les suivantes : fertilité, compacité du sol et la sécheresse. D'autres contraintes d'importance moindre sont : les termites, la striure, les mauvaises herbes (y compris le Striga), l'acidité des sols et la verse des variétés locales.

- (a) Fertilité des sols : l'azote et le phosphore sont les plus importants.
- (b) Compacité des sols : elle est due à la minéralogie, à la basse teneur en matière organique, à l'arrachage des résidus de récolte, au manque de labour et à l'effet des pluies intenses.
- (c) La sécheresse : elle est due à la mauvaise distribution des pluies, aussi la pluie peut se stabiliser tard en début de saison ou s'arrêter très tôt en fin de saison, à l'incrustation des sols et à la compacité du sol et du sous-sol.

## 2.3 Solutions Agronomiques

### 2.3.1 Fertilité des Sols

- (a) Azote : La réponse à l'application d'azote dépend fortement de la quantité de pluie tombée. Une réponse jusqu'à 100 kg N et 150 kg N a été enregistrée dans la savane soudanienne et nord guinéenne respectivement. Cependant, toute recommandation devrait tenir compte du type des sols, des aménagements antérieurs, de l'arrachage ou non des résidus de récolte, de la quantité de pluie tombée l'année précédente et d'autres facteurs économiques et d'autres risques possibles.



Calendrier d'application de l'Azote : les essais dans la savane soudanienne sur sols ferrugineux tropicaux n'ont montré aucune différence consistante de rendement en grains entre une application unique et plusieurs applications fractionnées de l'azote. Sur les sols ferrallitiques en savane nord guinéenne les applications fractionnées de l'azote donnaient de meilleurs rendements par rapport à une application unique pendant ou juste après le semis.

Rotations de cultures légumineuses - Maïs : le rendement en grain du maïs quand il avait pour précédent cultural le niébé ou l'arachide était plus élevé que celui sous culture continue de maïs. Toutefois, les différences de rendement étaient petites ou modestes (150 à 700 kg/ha) et ne pouvaient pas être attribuées seulement à l'accroissement de la fixation de l'azote par la légumineuse, ce qui implique que d'autres facteurs ont contribué à l'effet positif de la rotation.

- (b) Le Phosphore : Les déficiences en phosphore sont largement répandues au Burkina et sont un plus grand facteur limitant que l'azote. Toutefois, elles peuvent être corrigées avec des applications d'engrais en quantité modérée. La réponse à l'application du phosphore était observée jusqu'à une dose de 50-75 kg de  $P_2O_5$ /ha soluble. En outre, les effets résiduels du phosphore sur les rendements ont été mesurés plusieurs années après son application initiale.

Utilisation du phosphate naturel local : les résultats expérimentaux sur l'utilisation du phosphate naturel local (Burkina phosphate) ont révélé une faible réponse des rendements durant les deux premières années d'application due à sa faible solubilité.

### 2.3.2 Compacité du Sol

La compacité du sol affecte la croissance et le rendement du maïs de deux manières au moins : 1) réduction de la croissance racinaire avec ses effets connexes sur l'absorption d'eau et la nutrition minérale

et 2) réduction de l'infiltration de l'eau. Il a été montré que le labour et l'aménagement des résidus de récolte réduisaient les effets négatifs de la compacité du sol sur les rendements.

- (a) Labour du sol : Comparativement à l'absence de labour, la préparation du sol par tracteur, boeufs, âne ou houe manuelle en l'absence de billons cloisonnés a toujours donné des rendements en maïs plus élevés. En général, il existe une corrélation positive entre le rendement en grains et la profondeur de labour du sol. Les méthodes de labour en tant que telles peuvent être classées ainsi :
- tracteur > boeufs > âne = houe manuelle.
- (b) Résidus de récolte : Les résidus de récolte favorisent le maintien de la matière organique du sol et un niveau plus élevé d'activité biologique. En particulier, l'activité des termites à la surface ou près de la surface du sol s'est avéré grandement accrue par la présence des résidus de récolte. De ce fait, les taux d'infiltration de l'eau et l'aération du sol sont améliorés. Lorsque les résidus sont maintenus comme paillis, l'on peut s'attendre à un effet positif supplémentaire sur le maintien de basses températures du sol et sur la minimisation des pertes par évaporation. Des effets marqués sur le rendement en grain du maïs ont été enregistrés uniquement lorsque la quantité de résidus était d'au moins 3-4 tonnes de matière sèche/ha. La quantité de résidus nécessaire était moindre lorsque les billons cloisonnés étaient utilisés. Dans les systèmes traditionnels (houe manuelle) de préparation du sol, le retrait systématique des résidus de récolte a entraîné de si faibles taux d'infiltration que la réponse de rendement en grains aux applications d'engrais s'est avéré très faible ou nulle.

### 2.3.3 Stress de Sécheresse

Seules ou combinées, les pratiques suivantes réduisent le risque de stress de sécheresse.

- (a) Labour du sol : les méthodes de labour par tracteur, boeufs ou âne et houe manuelle améliorent l'infiltration et le stockage de l'eau dans le sol. Le labour profond est généralement meilleur au labour superficiel. L'effet du labour du sol n'est que temporaire et n'est pas suffisant pour assurer de meilleurs taux d'infiltration de l'eau dans le sol pendant toute la saison des cultures.
- (b) Billons cloisonnés. L'évaluation des billons cloisonnés dans la savane soudanienne du Burkina Faso a été initiée par le programme d'Agronomie du Maïs de l'IITA/SAFGRAD en 1979. Depuis lors, les billons cloisonnés se sont montrés très efficaces dans l'augmentation de l'infiltration de l'eau et dans la réduction des pertes par ruissellement. Cela se vérifie particulièrement sur les sols qui ont de faibles taux d'infiltration dus au colmatage, à l'encroûtement de la surface ou à la compacité des couches du sous-sol. La réponse en rendement aux billons cloisonnés a été plus consistante en Savane Soudanienne qu'en Savane Nord-Guinéenne.

Les billons cloisonnés peuvent être faits avant ou au semis ou lors du buttage. Si les paysans n'ont pas les moyens de confectonner les billons cloisonnés, ils peuvent semer sur lit plat. Plus tard, lorsque les plants ont atteint une hauteur minimum de 25 cm, ils peuvent faire un buttage et cloisonner leurs billons -la main d'oeuvre constituant moins un facteur limitant.

Des essais à long terme ont également montré qu'il était profitable pour les paysans de semer directement sur les anciens billons cloisonnés sans aucune préparation de sol sinon un desherbage. La dernière option est plus viable en savane soudanienne qu'en savane nord guinéenne parce que la saison sèche plus longue diminue le problème de desherbage.

Des tests conduits directement par le programme d'Agronomie du Maïs et d'autres agences de recherche ont montré une réponse positive aux billons cloisonnés dans plusieurs localités du Burkina Faso, sur le maïs et sur d'autres cultures. Toutefois aucune réponse aux billons cloisonnés n'a été enregistrée sur

les sols faiblement ferralitiques à Farako-Bâ. Cependant, ce sont des sols typiques de zone forestière qui ne sont pas fréquents en savane d'Afrique Occidentale. A Saria, des effets négatifs du billonnage cloisonné sur la croissance et le rendement du Maïs n'ont été enregistrés dans la plupart des années que sur les sols de pente inférieure mal ou imparfaitement drainés.

L'augmentation de rendement en grain obtenue en station de recherche avec l'utilisation de billons cloisonnés peut atteindre 2000 kg/ha lorsque la fertilité du sol n'est pas un facteur limitant. Des augmentations de rendement de 1 T/ha sont fréquentes. Les essais dans les champs paysans ont donné des augmentations de rendement atteignant 500 kg/ha. Le coût de la main d'oeuvre pour la construction des billons cloisonnés à la main a été estimé à 27 jours/homme/ha ou 10.800 F CFA/ha (si le coût d'opportunité de travail est de 50 F CFA/heure). Avec un prix du maïs de 90 F CFA/kg, ce travail coûte l'équivalent de 120 kg de maïs/ha, ce qui ne représente qu'une fraction de l'augmentation potentielle de rendement.

- (c) Fossés peu profonds : Le creusage de fossés peu profonds ou de petits trous entre les lignes de maïs augmente également la rétention d'eau du sol et réduit le ruissellement. Les essais ont fait ressortir de fortes augmentations de rendement dues au creusage de trous d'environ 40 cm de long x 20 cm de large x 10 cm de profondeur. Ces augmentations de rendement sont habituellement plus faibles que celles obtenues par la construction des billons cloisonnés et ce en raison du plus grand volume d'eau retenu par le dernier système. Si le paysan sème sur lit plat, il peut creuser de petits trous entre les lignes, à tout moment après le semis, alors que les billons cloisonnés ne peuvent être construits qu'après que les plantes aient atteint une hauteur minimale et ce habituellement 25 jours ou plus, après le semis.

On conclut que le risque de stress de sécheresse peut être réduit par toute sorte de petits trous, bassins de captage ou irrégularité de terrain qui freine le ruissellement et conserve l'eau de pluie.

- (d) Binages (scarifications) pour ameublir une surface colmatée ou encroûtée. L'encroûtement et/ou le colmatage de la surface sont des caractéristiques du sol que l'on trouve fréquemment au Burkina Faso et qui provoquent une aération du sol plus médiocre ainsi qu'une réduction de l'infiltration de l'eau aboutissant à un plus grand risque du stress de la sécheresse. Même en l'absence d'adventices, les binages après semis permettent d'améliorer les rendements en grain. D'une façon générale, plus les binages sont nombreux, plus les rendements sont élevés. Les binages n'étaient pas aussi efficaces que le creusage des petits fossés ou le cloisonnement des billons pour accroître les rendements du maïs. En outre, les binages peuvent entraîner l'élagage des racines et/ou l'exposition du sol humide à la dessiccation, réduisant ainsi les rendements.
- (e) Semis du maïs sur les sols de pente inférieure ou les sols hydromorphes. L'effet de la toposéquence est très marqué sur le rendement en grain du maïs. Les rendements sont les plus faibles sur les sols de plateau et augmentent vers les sols de pente moyenne et les sols hydromorphes. La différence de rendement en grain est de l'ordre de deux à cinq fois et se ressent même lorsque des pratiques améliorées de gestion du sol et de l'eau telles que le labour, les billons cloisonnés et l'engrais sont utilisées.
- (f) Utilisation des résidus comme paillis. L'effet des résidus de récolte a déjà été examiné dans le cas de la compacité du sol. Bien que les paysans aient besoin des résidus de récolte comme combustible, fourrage ou matériaux de construction, la pratique actuelle consistant à retirer systématiquement les résidus de récolte du champ va à l'encontre de la productivité recherchée. Cette pratique est l'un des facteurs majeurs responsables de la dégradation actuelle des sols.

- (g) Utilisation de variétés dont la maturité s'adapte à la longueur du cycle de croissance.
- Dans des conditions pluviométriques "normales", les variétés de maturités suivantes devraient être utilisées dans les systèmes simples de monoculture de maïs :
- Savane Soudanienne : variétés extra-précoces (moins de 82 jours à la maturité) et variétés précoces (82-95 jours).
- Savane Nord-Guinéenne : variétés de maturité intermédiaires (96-110 jours), et résistantes à la striure.
- (h) Dates de semis appropriées : lorsque les conditions pluviométriques le permettent, il semble que les dates optimales de semis du maïs soient du 15 au 30 Juin en Savane Soudanienne et du 1er au 20 Juin en Savane Nord Guinéenne. Néanmoins, compte tenu de la grande variabilité d'année en année de la répartition des pluies et de l'irrégularité des périodes de sécheresse au cours de la saison des cultures, il y eut des années où les plus hauts rendements de maïs furent obtenus lorsque la date de semis était plus précoce ou plus tardive par rapport aux dates optimales moyennes ci-dessus indiquées.

#### 2.4 Résultats d'autres Etudes Agronomiques

- (a) Profondeur de semis : Dans les expérimentations qui comportaient un resemis et un démariage à un plant/poquet, le semis profond (8-10 cm) a donné le même rendement que le semis peu profond (3-5 cm). Néanmoins, le semis profond a réduit la germination et pouvait entraîner une faible densité de plantes, baisser les rendements dans les conditions de champs de paysans où le semis en surplus et le démariage ne sont pas normalement faits.
- (b) Lit de semis : Les essais en savanes soudanienne et nord guinéenne n'ont montré aucune différence de rendement entre le semis sur lit plat et celui sur billons simples (non cloisonnés).

- (c) Buttage : Si le semis est fait à plat, il n'y a pas d'effet du buttage simple (sans cloisonnement de billons) sur le rendement.
- (d) Plants/poquet : Les expérimentations en Savane Soudanienne ont montré qu'à la même densité de plants, il n'y avait pas de différence de rendement entre un et deux plants/poquets. Quand le nombre de plants/poquet croît jusqu'à 4, le rendement en grain diminue.
- (e) Taille des grains : Il y a un effet direct de la taille des semences sur la germination au champ et la vigueur des plantules, mais son effet sur le rendement n'a pas été consistant au cours des ans. Une petite taille des grains prédispose à de plus faibles taux de germination au champ et peut résulter en de plus bas rendements en grains de maïs.
- (f) Densité de plants : La densité optimum de plant pour un rendement maximum varie avec la fertilité du sol, la date de semis et le nombre de jours à maturité. Lorsque la fertilité du sol n'est pas un facteur limitant majeur, et que la date de semis est appropriée, les densités optimum sont identiques à celles trouvées dans les zones plus humides : variétés intermédiaires 50.000 à 65.000 plants/ha. Variétés précoces : 65.000 à 90.000 plants/ha. Ces densités peuvent être réduites de 20-30 % avec seulement une petite baisse (moins de 10 %) de rendement. En utilisant des densités de 20-30 % inférieures à celles qui donnent les plus hauts rendements, le petit paysan peut diminuer ses coûts, de semis ou de récolte. Des densités supérieures aux optimum peuvent aussi baisser la perte de rendement lorsque le remplissage des grains intervient pendant une très sévère période de sécheresse.
- (g) Date de démariage : Les résultats expérimentaux n'ont pas montré d'effet du démariage 12 et 25 jours après semis sur le rendement en grain du maïs. Quoique le démariage ne soit pas une pratique suivie par le paysan producteur de maïs, le semis en surplus et le démariage (20 jours après semis) peuvent augmenter

les chances d'un chercheur d'obtenir des densités de plantes désirées et une plus grande uniformité entre les parcelles.

- (h) Arrangement spacial : Les écartements entre lignes de 37,5 cm et 75 cm n'ont pas montré de différences entre les rendements. L'écartement de 112,5 cm a donné le même rendement que celui de 75 cm avec une densité de 40.000 plants/ha, mais des rendements plus bas ont été obtenus lorsque la densité a été augmenté à 67.000 plants/ha.
- (i) Engrais potassique : Des études de court terme n'ont pas montré d'accroissement de rendement dû à l'application des engrais potassiques.
- (j) Déficiences en zinc : Certaines années, des symptômes de déficiences en zinc ont été observées en Savane Soudanienne mais aucun effet de l'application de zinc sur le rendement n'a été observé. Les applications foliaires de sulfate de zinc sont efficace dans la correction des déficiences.
- (k) Effet du Furadan (Carbofuran). Les applications au sol de Furadan 5 G au semis ou après, et/ou durant le cycle de culture ont souvent entraîné des augmentations de rendement, quelquefois aussi élevées qu'11/ha. L'effet positif du Furadan est essentiellement dû à la lutte contre les termites en Savane Soudanienne, et il aide à éliminer les termites, borers de tiges, les vecteurs virus du streak du maïs, et quelques insectes du sol en Savane Nord Guinéenne.
- (l) Variétés locales : La plupart, sinon toutes les variétés locales précoces (82-95 jours) en Savane Soudanienne ont montré de bons potentiels de rendement (4-5 T/ha) lorsqu'elles étaient bien aménagées. Certaines avaient de bonnes caractéristiques agronomiques pendant que d'autres étaient trop susceptibles à la verse. Quoique les maladies foliaires ne soient pas un problème majeur en Savane Soudanienne, toutes les variétés locales paraissent pour être très susceptibles.



- (m) Interactions Génotypes + Aménagement : Plusieurs essais ont été conduits en vue de comparer des variétés sous des conditions de faible fertilité et/ou de stress de sécheresse. En général, les variétés locales n'ont pas été plus performantes que les variétés améliorées de même maturité.

## 2.5 Développement d'une cloisonneuse de billons à traction animale

Bien que les billons cloisonnés puissent être construits à la main et être encore économiquement profitables, un appareil mécanique adapté à la traction animale a rendu le billonnage cloisonné plus attrayant.

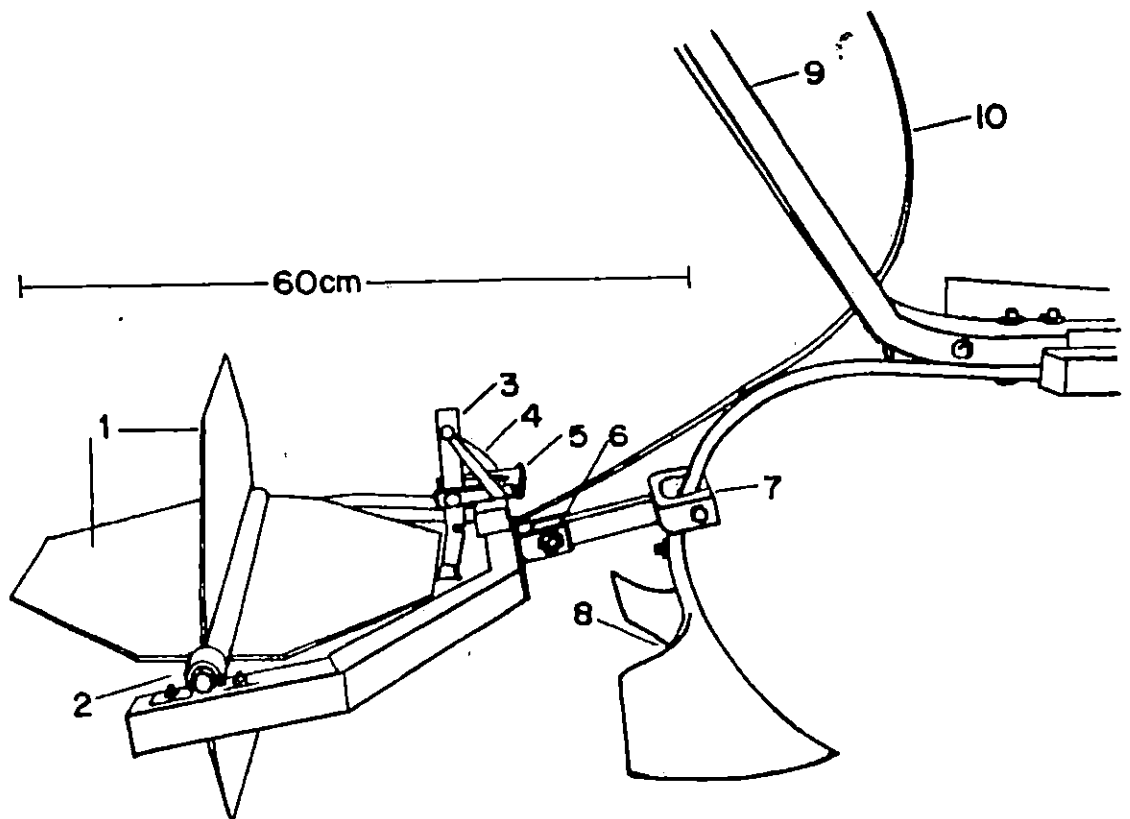
Des versions d'un tel appareil ont été mises au point par le programme d'Agronomie du Maïs de l'IITA/SAFGRAD (Fig. 1). L'une désignée pour la traction asine et l'autre pour la traction bovine. Le modèle pour âne a des palettes de 16 cm de largeur extérieur qui s'élargissent pour atteindre 40 cm au centre. Il pèse 11 kg et son coût de production est de 14 000 F CFA. Pour le modèle de traction bovine, les mêmes paramètres sont respectivement 20 cm, 55 cm, 17 kg et 16.000 F CFA. En 1985, plus de 150 unités des deux modèles ont été construits et largement distribués aux paysans et coopérants au Burkina. L'évaluation de ces tests n'a pas encore été complétée et des dispositifs d'amélioration sont en voie.

## 2.6 Résultats Supplémentaires et Affinement ou Clarification des premières découvertes

- (a) Interactions Génotype X Niveau de fertilité

La performance de 12 variétés locales et améliorées a été évaluée durant 3 années dans des conditions de faible et haut niveaux d'Azote et de Phosphore.

Les résultats ont montré qu'il ne peut être affirmé que les variétés locales sont mieux adaptées que les variétés améliorées aux faibles niveaux de fertilité en P et/ou en N.



- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| (1) PALETTES                     | (6) BOULON POUR REGLER L'ANGLE DES PALETTES  |
| (2) AXE                          | (7) ATTELAGE                                 |
| (3) MECANISME D'ARRET            | (8) BILLONNEUSE/BUTTEUSE                     |
| (4) ELASTIQUE                    | (9) MANCHES DE LA "HOUE MANGA"               |
| (5) REGLEUR DU MECANISME D'ARRET | (10) CABLE DE BICYCLETTE AU LEVIER DE FREIN. |

Fig. 1. : LA CLOISONNEUSE DES BILLONS DE L'IITA/SAFGRAD  
(MODELE ASINE).

Plusieurs variétés améliorées de l'IITA/SAFGRAD et l'hybride IRAT-178 ont eu une performance meilleure à celle des variétés locales à un faible niveau de P et dans une moindre mesure à un faible niveau de N également. Il est ressorti des interactions significatives entre les variétés et le niveau de N et entre les variétés et le niveau de P, i.e. la performance relative des variétés était affectée par les niveaux de fertilité de N et/ou de P. La variété SAFITA-2 et TZE-4 étaient parmi les plus performantes sous un faible niveau de N. SAFITA-2 a montré une très bonne performance sous un faible niveau de P.

(b) Association de cultures maïs-coton en Savane Soudanienne

Un système d'association de cultures maïs-coton a été développé et testé sur 6 années avec de bons résultats en Savane Soudanienne. Il consiste en un semis précoce (15-25 Juin) d'une variété précoce non feuillue de maïs (82 jours) et d'une variété de coton adaptée à la zone. Chaque culture est semée à près de 42.000 plants/ha à 2 plants/poquet, en alternant les poquets le long de la ligne.

Les rendements absolus de maïs et de coton sont fonctions de la distribution et de la quantité des pluies, de la date de semis et du niveau de fertilité. Toutefois, les rendements relatifs (en relation avec la monoculture), résultant d'un L.E.R. d'à peu près 1,5, tournant habituellement autour de 75 % pour chaque culture. L'association a souvent donné des rendement de 2 T/ha de maïs et 1,5 T/ha de coton. L'inclusion du coton, une culture de rente, apparaît comme un moyen d'intensifier l'utilisation de l'engrais, besoin presque essentiel pour l'accroissement de la productivité du maïs.

L'utilisation des billons cloisonnés apparaît comme un préalable pour le succès du système d'association sur les sols prédominants en Savane Soudanienne. L'avantage supplémentaire de l'association est la possibilité d'utiliser les tiges comme bois de chauffe.

(c) Rotation Maïs-Niébé et Systèmes de cultures de relais

La culture continue du maïs donne des rendements nettement plus faibles que quand il a le niébé comme précédent cultural. L'augmentation du rendement du maïs due à la rotation avec le niébé est allée jusqu'à 1200 kg/ha.

Le semis des niébé en culture de relais avec le maïs n'ont pas significativement réduit les rendements du maïs durant l'année de relais de culture. Toutefois, le rendement d'une monoculture de maïs suivant une année de culture de relais maïs-niébé était soit diminué soit pas affecté. L'inclusion du niébé dans un système de cultures de relais avec le maïs ne produit donc pas l'effet positif sur le rendement du maïs observé quand le niébé était en rotation avec le maïs.

(d) Systèmes d'aménagement de surface.

Comparés au grattage et semis sur lit plat traditionnels, le buttage cloisonné manuel ou avec la cloisonneuse de billons à traction asine augmentait aussi bien les rendements de cultures pure de sorgho et de maïs que la productivité de l'association maïs-coton. De même, le creusage de petits fossés entre les lignes augmentait les rendements. Ces fossés peuvent être creusés avec une houe manuelle ou avec la roue ovale à traction asine ou bovine développée par le Programme de Socio-Economie de l'ICRISAT au Burkina. Le principal avantage de tels fossés est qu'ils sont séparés par de la terre dure tandis que les nouveaux billons cloisonnés sont faits avec de la terre meuble donc facilement destructibles quand il y a trop d'eau dans les bassins ou de forts ruissellements à l'extérieur. Bien que les billons cloisonnés puissent retenir plus d'eau de pluie que les fossés, ils ne permettent pas à l'eau qui ruisselle hors des parcelles d'entrer dans les bassins comme le permettent les fossés.

(e) Effets résiduels du labour

Il semble y avoir un effet résiduel du labour mais seulement en l'absence de billons cloisonnés. Le labour du sol par la houe manuelle, aux boeufs et au tracteur donne une moyenne d'augmentation de rendement de 39 % la seconde année par rapport au labour zéro.

(f) Durée et effets résiduels des billons cloisonnés

Dans la plupart des cas, il n'y a pas eu un avantage sur le rendement du maïs d'un semis sur sol labouré à la main avec une renovation complète des billons cloisonnés par rapport à un semis direct sur de vieux billons cloisonnés dans des parcelles où il n'y a pas eu un enlèvement systématique des résidus de cultures.

Néanmoins, le semis direct sur de vieux billons cloisonnés sans labour préalable peut entraîner une dépression de la croissance du maïs si durant les premières semaines de la culture les conditions de pluie et du sol sont telles qu'il y a un excès d'humidité à la surface du sol. Un tel effet négatif est plus accentué sous des conditions de très basse fertilité ou quand l'activité des termites est telle que l'émondage racinaire est un problème. Pendant une année moyenne, la capacité des bassins des billons cloisonnés est réduit d'à peu près 50 % par la pluviométrie dans les conditions de la station de Kamboinsé. Les paysans qui sèment sur de vieux billons cloisonnés auront besoin plus tard de moins de travail pour maintenir et élever les billons cloisonnés qu'ils n'en ont eu besoin pour leur construction initiale.

Les résultats ont montré que même sans aucune maintenance les rendements étaient souvent accrus de près de 1 T/ha par le semis sur les vieux billons cloisonnés, contrairement au semis à plat et labour.

(g) Effet des résidus de récolte du maïs

L'application de 4 T ou plus/ha de matière sèche de résidus de maïs a toujours augmenté le rendement par l'amélioration de l'infiltration (au moins en partie) qu'elle favorise. De telles augmentations de rendements sont même observées avec les billons cloisonnés, ce qui indique que les résidus de maïs ne jouent pas un rôle seulement dans l'amélioration de l'infiltration mais aussi sur d'autres aspects tels la réduction de l'évaporation et les températures du sol.

(h) Effets résiduels du Furadan

Des augmentations significatives du rendement du maïs de près de 0.5 T/ha ont été mesurées la seconde année après l'application de 1.5 g de Furadan 5G m.a./ha, mais il n'y a pas eu d'effet résiduel du Furadan sur les rendements du niébé.

(i) Effets résiduels de l'engrais azoté

Le Sorgho, le Maïs et le Coton ont eu des réponses différentes à l'engrais azoté résiduel. Un effet significatif a été observé sur le sorgho et le coton. Des rotations appropriées de cultures sont donc un outil pour une rentabilité plus efficiente de l'engrais azoté appliqué.

(j) Effets résiduels de l'engrais phosphaté

Depuis l'application initiale et unique de P en 1980 (69 kg de  $P_2O_5$ /ha) des effets consistants de P résiduel ont été observés chaque année jusqu'en 1987.

(k) Binage (scarification)

Sur les sols encroûtés et denses, le binage même en l'absence de mauvaises herbes améliore l'infiltration et l'aération du sol. Les augmentations du rendement du maïs sont très faibles, si les binages sont superficiels (1-2 cm) et plus élevés avec des binages plus profonds (4-6 cm). Ces binages devraient être exécutés quand le sol n'est pas sec, c'est-à-dire après une pluie de 15-20 mm et en essayant de réduire l'émondage des racines.

(l) Plants/poquet

Des expérimentations conduites en Savane Soudanienne ont montré que certaines années, le fait d'avoir 4 plants/poquet pouvait prédisposer à de plus bas rendements que 1-2 plants/poquet (avec la même densité de plants/ha).

(m) Amélioration des cloisonneuses de billons à traction animale (en collaboration avec le conducteur des travaux).

Les insuffisances majeures des cloisonneuses de billons initialement développées par le sous-projet de cloisonnement des billons utilisant la force animale, étaient le poids (plutôt lourd) et la nécessité d'un bon ajustement du câble et des mécanismes d'arrêt.

Plusieurs modifications concernant la taille et l'épaisseur de la lame, la nature et la forme de l'ossature, un stabilisateur pour faciliter le soulèvement des outils et un nouveau mécanisme de culbutage (cloisonneuse à traction asine) ont été introduites. La cloisonneuse à traction asine actuelle a des lames épaisses de 3 mm qui, large de 10 cm à l'extérieur, s'élargissent jusqu'à 39 cm à l'axe central. La hauteur de la lame a augmenté à 20 cm. Le poids est de 8.5 kg avec l'ancien mécanisme d'arrêt et 8 kg avec le nouveau système. Pour l'ossature des tubes de fer sont utilisés (Fig. 2).

Dans le cas de la traction bovine, la largeur à l'axe de la lame a été réduite de 55 à 46 cm et de 20 à 12 cm au bord extérieur. La largeur totale de la cloisonneuse a été réduite de 65 cm à 55 cm. La hauteur (20 cm) de la lame originale a été gardée. Le poids total est 14 kg. Les coûts de production ne sont pas encore disponibles mais devraient être inférieurs à ceux des premiers modèles. Il convient de noter que les nouveaux modèles n'ont pas été largement testés et que leurs limitations sont méconnues. L'on pense qu'étant plus légers, ils seront plus facilement utilisables et plus efficaces que les versions originales.

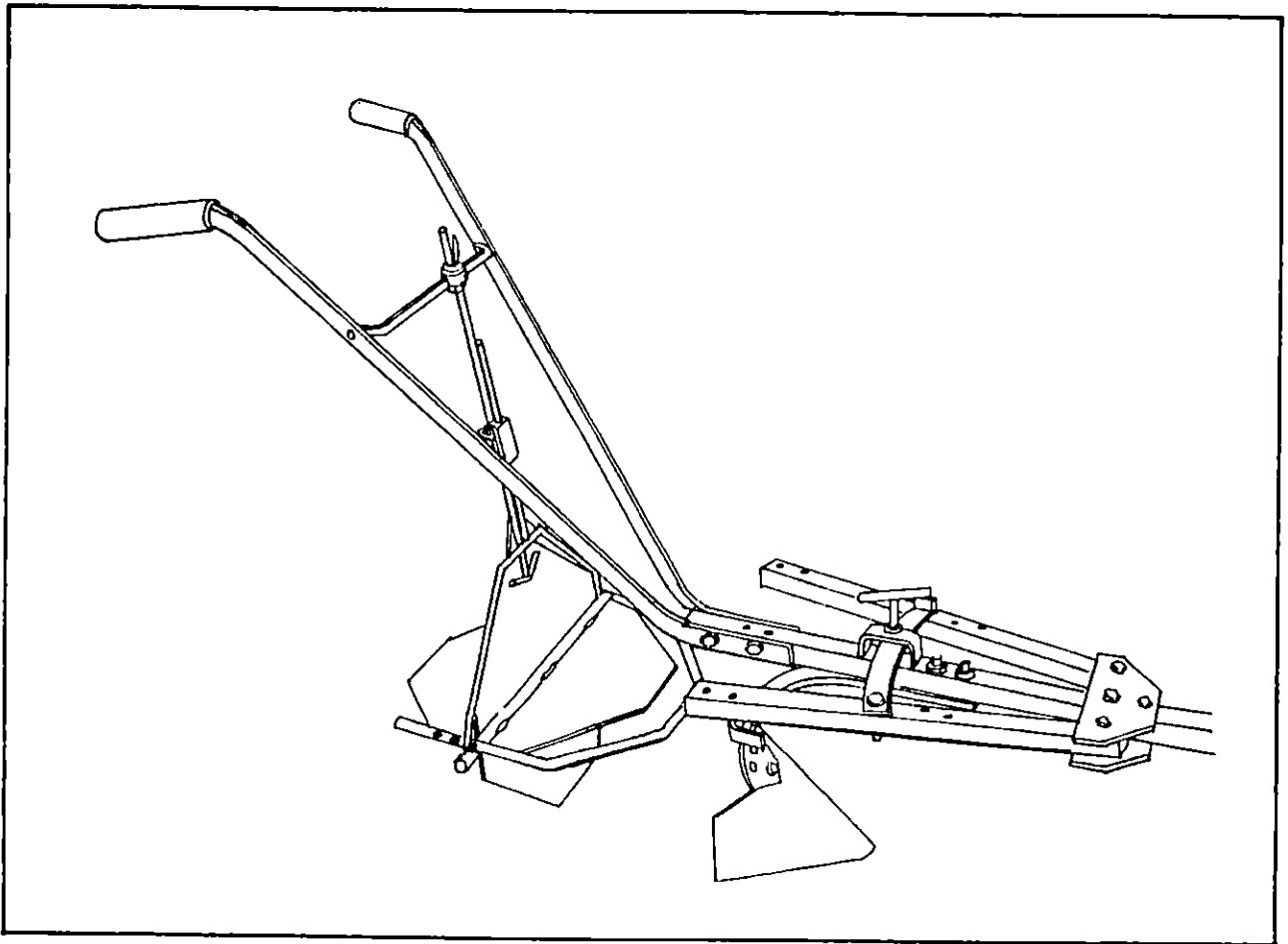


Fig. 2 : NOUVELLE VERSION DE LA CLOISONNEUSE DES BILLONS DE L'IITA/SAFGRAD (MODELE ASINE).



### 3. Entomologie du Maïs (Dr. Joseph B. Suh, Dr. Y. S. Rathore)

#### 3.1 Objectifs

- (a) Identifier les principaux problèmes causés par les insectes et les maladies dans les régions semi-arides d'Afrique et estimer les dégâts qu'ils causent.
- (b) Identifier et évaluer les insecticides pour supprimer ces dégâts en mettant l'accent sur la disponibilité de ces insecticides, leur coût et la sécurité.
- (c) Développer et tester un système de lutte intégrée compatible avec le niveau économique, les principes écologiques et pratiques agronomiques pour l'augmentation et la stabilisation des rendements du maïs dans la région.
- (d) Renforcer la capacité de recherche des scientifiques nationaux par des stages, des ateliers conjoints et des conférences.

#### 3.2 Résultats Obtenus

- (a) Les millepattes, les armyworms (*Mythimna* sp), les foreurs de tiges (*Eldaona sesamia*), le striure et les termites ont été identifiés comme principales pestes du maïs en Afrique de l'Ouest.  

Le problème d'insectes le plus sérieux est celui des termites parce qu'ils attaquent toutes les parties de la plante et à toutes les étapes de son développement.
- (b) Le Furadan (carbofuran) 5 G résout efficacement le problème des termites et d'autres pestes (striure, foreurs de tiges, armyworms) mais son usage à grande échelle n'est pas conseillé à cause de son prix et de sa toxicité.
- (c) Une évaluation préliminaire de variétés améliorées et locales de maïs de différente maturité pour la résistance aux termites dans des conditions naturelles d'infestation a montré que

l'attaque des termites est fonction de la senescence (les tissus morts semblent plus attaqués) ainsi les variétés précoces en ont plus souffert que les variétés relativement plus tardives. Dans tous les cas, une méthode d'infestation artificielle est indispensable afin d'assurer une infestation homogène de tous les génotypes à tester.

#### 4. Sélection du Niébé (Dr. V.D. Aggarwal, Mr. I. Drabo)

##### 4.1 Objectifs

Le principal objectif est de développer ou d'identifier des variétés de niébé aux différentes conditions édapho-climatiques des zones semi-arides des tropiques d'Afrique, surtout de l'Ouest. Les objectifs spécifiques sont :

- Résistance à la sécheresse,
- Résistance au Striga,
- Résistance aux insectes,
- Résistance aux maladies,
- Bonne qualité des graines,
- Haut potentiel de rendement et large adaptation.

##### 4.2 Résultats obtenus

###### (a) Résistance à la sécheresse

Selon les résultats des essais menés dans différentes localités des zones semi-arides de plusieurs pays ouest africains, les variétés SUVITA-2, TN 88-63, 58-57 et 3236 se sont montrés bien adaptées aux conditions sèches (Sahel). Elles ont donné des rendements consistants et élevés, environ 1000 kg/ha durant plusieurs années avec une bonne qualité des graines. Certaines de ces variétés sont en voie de vulgarisation dans plusieurs pays (ex. TVx 3236 et SUVITA-2 au Burkina Faso et au Mali). D'autres variétés prometteuses adaptées aux zones sèches ont

été développées par le projet et testées à travers la région semi-aride de l'Afrique Occidentale. Les plus performantes d'entre elles sont KVx 30-305-3G, KVx 30-309-6G, KVx 30-470-3G, KVx 268-K03-3 et KVx 250-K27-18.

(b) Résistance au Striga

C'est un problème sérieux dans la savane soudanienne et au sahel. 2 variétés, SUVITA-2 et 58-57, se sont montrées résistantes au Burkina Faso. Une évidence claire de l'existence de différents biotypes de Striga au Nigéria, Niger, Burkina Faso et Mali, a été observée, bien que KVx 30-403-1G provenant d'un croisement avec SUVITA-2 ait montré des résultats très prometteurs au Nigéria (Bakura et Kano).

Le caractère de résistance au biotype du Burkina semble être contrôlé par un simple gène dominant. Les nouvelles variétés B-301 et IT82D-849 ont été identifiées comme étant résistantes aux différents écotypes de Striga présent au Mali, au Burkina Faso, au Niger et au Nigéria.

La résistance au Striga a été combinée à celle aux bruches dans l'objectif d'obtenir une bonne qualité des graines. Des croisements ont été également menés afin de combiner cette résistance à la résistance à la sécheresse, maladies et autres insectes. Une variété KVx 295-2-124-51 combinant les résistances aux Aphides, Bruches et Striga a été développée. Elle a un haut rendement et a une bonne qualité de graines. En outre, il a été trouvé que des variétés résistantes au Striga, KVx 61-74, KVx 61-1 et KVx 183-1 étaient très bien adaptées aux zones sèches.

(c) Résistance aux insectes

Une variété à haut rendement (1500-2000 kg/ha) appelée KN-1, a été vulgarisée au Burkina Faso dans les zones de plus de 600 mm de pluie. Elle est résistante aux principales maladies mais susceptible aux insectes. Par la méthode de backcross, la résistance aux Aphides (qui causent des dégâts sur les jeunes plantes) a été incorporée dans cette variété. La nouvelle sélection est appelée KVx 165-14-1.

En plus, de nouvelles variétés résistantes aux Aphides, à haut rendement et bonne qualité de graines et un niveau acceptable de résistance aux maladies ont été développées (ex. KVx 146-44-1 et KVx 145-27-6, etc...).

La résistance aux bruches a été confirmée dans la variété TVu 2027 dont l'utilisation a permis de développer des variétés résistantes aux bruches e.g. TVx 30-G172-1-6K et KVx G246-2-5K. Ces variétés sont aussi résistantes au Striga mais susceptibles aux maladies (pod blotch bactériose) et quelque peu tardives (75-80 jours à la maturité). Des croisements ont été faits dans l'objectif d'incorporer la résistance aux maladies, réduire le cycle, tout en maintenant la résistance aux maladies, réduire le cycle tout en maintenant la résistance aux bruches et au Striga. Les nouvelles variétés développées sont KVx 291-47-224 et KVx 164-41-64.

(d) Amélioration des variétés locales

La plupart des paysans continuent à cultiver des variétés locales photo-sensibles. Ces variétés sont susceptibles aux pestes et insectes. Du progrès a été enregistré dans le développement de nouvelles variétés possédant la résistance aux bruches. Le travail continue dans le but d'incorporer la résistance aux maladies dans ces variétés.

**5. Agronomie du Niébé (Dr. N. Muleba, Dr. F. Brockman)**

**5.1 Objectifs**

Mettre au point les pratiques culturales pour la production économique du niébé en régions semi-arides.

## 5.2 Résultats Obtenus

### 5.2.1 Savane Nord-Guinéenne

#### (a) Culture pure de niébé

- La date optimale de semis de niébé est mi-Juillet. Cette date de semis permet une bonne croissance et développement et de mûrir les gousses en fin Septembre-début Octobre sous un temps fortement ensoleillé, indispensable pour obtenir une bonne qualité de graines (sans pourriture).
- Les espacements de 0,75 m x 0,20 m qui correspondent à 66 666 plantes par hectare constituent l'optimum, surtout pour les niébés photo-insensibles. Les niébés photo-sensibles, bien que supportant les espacements ci-mentionnés, peuvent donner de bons rendements avec une densité trois fois moindre, pourvu qu'il n'y ait pas une sécheresse précoce en mi-Septembre.
- Les meilleurs cultivars adaptés sont : pour les photo-insensibles : KN-1, TVx 3236, TVx 1999-01F et pour les photo-sensibles : Kaya local, Kamboinsé local rouge.
- Bien qu'on ait pas pu éliminer la pulvérisation de niébé aux insecticides, on a cependant réussi à réduire le nombre d'interventions de sept à deux ou trois. Deux interventions (la première à 50 % formation de boutons floraux et la deuxième à 50 % formation de gousses (gousses bien visibles) sont indispensables pour obtenir des rendements de 0,5 à 2,0 T/ha, compte tenu de la pluviométrie. Une troisième intervention n'est requise que s'il y a des attaques des aphidés.
- Les niébés photo-insensibles répondent aux engrais phosphatés solubles (25 à 50 kg/ha de  $P_2O_5$ ). Aucune réponse n'a été obtenue avec le Burkina Phosphate (100 à 200 kg/ha de  $P_2O_5$ ) jusqu'à présent. Les études d'effet résiduel d'engrais phosphaté soluble et le Burkina phosphate n'a montré qu'un effet résiduel très marqué du phosphate soluble. L'application au niébé de 50 et 100 kg/ha de  $P_2O_5$  de phosphate soluble exigerait d'apporter respectivement, 25 et 0 kg/ha de  $P_2O_5$  de

phosphate soluble sur la culture de maïs l'année suivante pour obtenir 3 T/ha de graines. Tandis que l'application de 100 kg/ha de  $P_2O_5$  du Burkina phosphate exigerait un apport de 25 à 50 kg/ha de  $P_2O_5$  de phosphate soluble sur la culture de maïs l'année suivante pour obtenir le même rendement.

(b) Cultures mixtes

- Les études d'association sorgho-niébé ont montré qu'il existait un effet depressif variétal de niébé sur le sorgho, les deux cultures étant semées simultanément. Cet effet depressif a trait à l'alimentation en phosphore du sorgho. Par un choix approprié de cultivars de niébé en association avec le sorgho Framida, les rendements de sorgho de 2,4-2,9 T/ha et ceux de niébé de 0,5-0,7 T/ha ont pu être obtenus.

Mais la qualité de graines de niébé étant médiocre, due à la maturation des gousses en fin Août-début Septembre sous un temps pluvieux et peu ensoleillé.

- La culture de relais-maïs-niébé a été mise au point. Le niébé photo-sensible, qui fleurit en fin Septembre, doit être semé sous le maïs (semé entre le 10 et 25 Juin) en mi-Juillet. A cette date de semis, le niébé n'a aucun effet depressif sur le maïs. Le cultivar de maïs le plus adapté à ce système de culture est le SAFITA-2, tandis que pour le niébé, c'est le Kaya local. Le maïs doit être fertilisé avec 80 à 100 kg/ha de N et 40 à 50 kg/ha de  $P_2O_5$  de phosphate soluble. Le niébé doit être traité aux insecticides deux fois. Les rendements de maïs variant entre 3 et 4 T/ha et ceux de niébé entre 0,5 et 1,5 T/ha ont été obtenus à plusieurs reprises. La culture de relais maïs-niébé semble être la plus appropriée pour les paysans Burkinabè et devra être considérée pour une large diffusion par le programme national du Burkina.

### 5.2.2 Savane Soudanienne

#### (a) Culture pure de niébé

- Date de semis, densité de semis, protection contre insectes nuisibles, utilisation d'engrais phosphatés (sauf que les études de Burkina phosphate sont en cours d'exécution) sont les mêmes que pour la Savane Nord-Guinéenne.
- Les cultivars de niébé les plus adaptés sont TVx 3236 et Koakin local.
- Le labour du sol, les billons cloisonnés (avec ou sans labour préalable), le paillage avec l'herbe en place ou résidus de culture (in situ mulch) réduisent les ruissellements d'eau de pluies, augmentent son infiltration, ce qui augmente la réserve hydrique du sol, atténue les stress hydriques durant les poches de sécheresse prolongées et ainsi diminue considérablement les pertes de rendement. La combinaison de deux différentes pratiques énumérées a un effet cumulatif. Le paillage a en plus l'avantage de réduire la température et l'évaporation d'eau du sol grâce à ses propriétés d'isolant thermique. Il peut aussi éliminer le labour mécanique grâce aux activités biologiques, fouilles de terre par des termites et vers de terre, qu'il favorise. Cette pratique s'avère indispensable pour révolutionner la production agricole en zones semi-arides torrides. Elle exige cependant l'utilisation d'herbicide.
- L'enlèvement des résidus de culture comme fourrage a un effet négatif sur la productivité de sol, même à court terme. Ceci concerne tant les propriétés physiques que chimiques du sol.
- Le Striga Gesnerioides peut causer des pertes de rendement total dans les champs fortement infestés. L'utilisation de cultivars résistants (tel que SUVITA-2 ou 58-57) ou tolérant (TN 88-63) s'imposent dans ces conditions. Dans les champs faiblement infestés, l'arrachage de Striga avant sa floraison peut diminuer considérablement les dégâts à la culture et les infestations du champ dans les années à venir.

(b) Culture mixte

Les résultats obtenus avec la culture d'association sorgho-niébé et de relais maïs-niébé sont similaires qu'en climat Nord-Guinéen. Toutefois, il faudra s'attendre ici à une perte totale de rendements des deux cultures en association sorgho-niébé en cas d'une sécheresse très sévère. Dans les mêmes conditions, le niébé en culture pure peut encore donner un rendement acceptable tandis qu'en culture de relais maïs-niébé, une perte totale de rendement de niébé peut être enregistrée si le mois de Septembre est sec.

5.2.3 Savane Sahélienne

(a) Culture pure

- Les résultats obtenus en Savane Soudanienne s'appliquent aussi ici, sauf que les billons cloisonnés ne sont plus indispensables.
- Les cultivars les plus adaptés sont : SUVITA-2, TN 88-63, TVx 3236, 58-57, Mougne.

(b) Culture mixte

Les études d'association millet-niébé sont en cours d'exécution.

**6. Entomologie du Niébé (Dr. J.B. Suh, Dr. Y.S. Rathore)**

**6.1 Objectifs**

- (a) Identifier les principaux insectes qui posent des pestes sur le niébé dans les régions semi-arides et évaluer les dégâts qui y sont associés.
- (b) Identifier et évaluer les insecticides à utiliser pour combattre ces fléaux tout en tenant compte de la disponibilité, du coût et de la sécurité.
- (c) Déterminer les stades critiques de la croissance de la plante pour une meilleure protection contre les insectes.



- (d) Développer un système de lutte intégrée économiquement viable, équilibré avec les conditions écologiques agronomiquement acceptable et permettant l'augmentation et le maintien des rendements stables du niébé.
- (e) Aider à la formation et à la promotion des chercheurs nationaux.

## 6.2 Résultats Obtenus

- (a) Les principales pestes au champ sont : les aphides, Thrips, Maruca et Hemiptera Pod Bugs, tandis que la bruche de niébé (*C. Maculatus*) est le principal problème de stockage.
- (b) Les pyrethroids - Decamethrin et Cypermethrin à 12-15 g m.a./ha en combinaison avec le Dimethoate (un systemic organo-phosphaté) à 400-500 g m.a./ha sont effectifs contre le spectre d'insectes au champ. Ces insecticides sont disponibles à des prix raisonnables et sont moins toxiques que le monocrotophos, carbaryl etc.
- (c) Chez le niébé la phase de reproduction est le stade le plus vulnérable aux pestes par les insectes, notamment à l'initiation des boutons floraux et à la floraison. Deux traitements (au decis/cypermethrin + Dimethoate ou Endosulfan aux 30-35 et 45-55 jours après le semis sont recommandés pour une protection minimale contre les insectes. Dans le cas d'une attaque précoce des aphides (les 2 premières semaines après le semis) une application de Dimethoate 15-20 jours après le semis s'est révélée effective, mais l'utilisation des variétés résistantes aux aphides est la meilleure solution à long terme.
- (d) Détermination d'un nouveau biotype, appelé biotype K, dans la population des aphides du Burkina (les biotypes que l'on trouve au Nigéria sont les biotypes A et B). Des sources de résistance aux trois biotypes (A, B et K) ont été identifiées dans les lignées de l'IIITA. Cette information est utilisée dans notre programme de sélection du niébé pour la création de variétés résistantes aux aphides.

- (e) L'utilisation de la variété résistante aux Thrips (TVx 3236) en association avec les céréales avec un traitement minimum permet d'obtenir un rendement en grain économiquement justifiable (500 kg/ha ou plus).

## 7. Gestion Eau/Sol

### 7.1 Objectif

Optimiser les ressources du sol et de l'eau disponibles dans les zones semi-arides des tropiques d'Afrique par le développement des systèmes viables d'aménagement du sol et des cultures.

### 7.2 Résultats Obtenus

Etant donné que le programme n'a démarré qu'en Mai 1985, il est très tôt de tirer des conclusions définitives, aussi toutes les données ne sont pas encore analysées. Cependant, les thèmes suivants ont été initiés en collaboration avec certains chercheurs de l'IITA et de l'ICRISAT.

- (a) Utilisation de l'eau par différents systèmes de production
- . Extraction de l'eau par une association maïs-fourrages (Kamboinsé)
  - . Extraction de l'eau par une association maïs-coton (Kamboinsé)
  - . Extraction de l'eau par le maïs et le pois d'angole dans le système de culture en couloir (travail exploratoire, à Kamboinsé)
  - . Effet des dates de semis sur la disponibilité de l'eau du sol et la croissance du niébé (Kamboinsé et Djibo).

(b) Les systèmes d'aménagement du sol

- . Effet des billons cloisonnés sur l'emmagasinage de l'eau et son extraction par le niébé (Kamboinsé)
- . Effet du système de collecte de l'eau et du système d'aménagement sur l'emmagasinage de l'eau (Boromo et Yako)
- . Evaluation de l'effet des billons cloisonnés sur les propriétés physiques du sol ; croissance et rendements des cultures sur les sols ferrugineux tropicaux lessivés pseudo-argileux de profondeur (Saria)
- . Evaluation des effets des lits de semis, variétés et niveaux d'aménagement sur les propriétés physiques du sol et le rendement du Maïs (Kamboinsé).

Les résultats de 1985 confirment le potentiel de la technique des billons cloisonnés dans l'augmentation substantielle de la quantité d'eau stockée. L'utilisation maximale de l'eau stockée n'a pas été possible à cause de la densité élevée du sous-sol empêchant la croissance des racines. Ceci est un trait caractéristique des sols de savane de l'Afrique de l'Ouest.

### III. FORMATION

19 citoyens Burkinabè ont bénéficié des cours de formation ou participé à des stages, soit au niveau de kamboinsé (étudiants en préparation de mémoire), soit au niveau de l'IITA-Ibadan (techniciens ou/et chercheurs)(Annexe).

#### IV. PROBLEMES ET DIFFICULTES RENCONTRES DANS L'EXECUTION DES OBJECTIFS

##### 1. Recherche au Siège

- a) Manque de qualification du personnel technique et administratif de soutien.

La plupart des techniciens du Projet n'ont même pas une formation de second cycle et peu ont une formation conventionnelle en agriculture. Les chercheurs du projet sont donc obligés de consacrer beaucoup de temps à la supervision des activités de champs et de laboratoire. Un budget conséquent permettrait d'engager un personnel de soutien (techniciens, chercheurs, administrateurs) plus qualifié.

- b) Insuffisance de parcelles

L'accord initial entre le projet SAFGRAD et le Gouvernement hôte a pris en compte les besoins en parcelles aux stations de recherche de Kamboinsé et de Saria seulement. Considérant le manque de parcelles à kamboinsé, l'éloignement et le manque de structures à Saria, l'IITA/SAFGRAD a été obligé de chercher des parcelles sur d'autres sites en Savane Soudanienne (Gampela, Loumbila) avec une logistique à supporter éventuellement. La nécessaire extension de la recherche aux Savanes Sahélienne et Nord Guinéenne a compliqué par la suite la question de logistique, étant donné que le projet doit négocier des parcelles chaque année et travailler dans des localités où il n'a pas d'infrastructures de recherche.

- c) Manque de terres avec des facilités d'irrigation

Bien que le Gouvernement ait accepté de fournir quatre hectares de terres irriguées à Kamboinsé, les structures d'irrigation sont telles que l'eau n'est pas disponible à travers la saison sèche. En outre, l'IITA/SAFGRAD a demandé plus de 4 ha de terres irriguées pour ses travaux en saison sèche. Ceci justifie son obtention de 12 ha irrigués à Loumbila et malheureusement retirés en 1984. De plus, l'insuffisance de l'eau à Loumbila ne permettait pas l'irrigation de plus de 3 ha. L'IITA/SAFGRAD a besoin de 10 ha de terres irrigables avec de bonnes structures d'irrigation pour bien mener ses activités de recherche.

d) Déficiences des structures physiques

- Aucun des sites ou stations où opère le projet n'est clôturé, si bien que les problèmes de voleurs ou de dégâts d'animaux sur les champs sont fréquents, rendant difficile la conduite des essais comprenant des résidus de récolte et de légumineuses perennes et augmentant le coût des opérations de recherche.
- Il existe un manque d'espace de stockage pour le projet, en particulier concernant les engrais et pesticides.
- Chambre froide inadéquate.
- Insuffisance de lieu de travail : laboratoires, bureaux et hangars.

e) Manque de tout l'équipement nécessaire aux travaux de champs et de laboratoires tant en Agronomie qu'en Gestion de l'eau et du sol.

f) Manque d'une bibliothèque à la station de Kamboinsé.

g) Les insuffisances budgétaires empêchent d'accentuer la recherche sur la fertilité du sol et la nutrition des plantes.

## 2. Activités Régionales

a) La recherche au siège était conduite seulement au Burkina où les conditions étaient représentatives de celles prévalent en Afrique Occidentale si bien que l'IITA/SAFGRAD a plus à donner à l'Afrique Occidentale en terme de variétés et de technologies de développement qu'à l'Afrique de l'Est et du Sud.

b) Les lourdes demandes du programme de recherche au siège au Burkina concurrence celles des activités régionales, si bien que les chercheurs de l'IITA/SAFGRAD ne peuvent pas visiter tous les programmes nationaux et coopèrent plutôt avec eux à travers les essais régionaux et les échanges d'informations. Dans certains cas (Programme d'Agronomie du Maïs), une réelle considération pour l'analyse des données ne pouvait pas être faite.

c) Les faiblesses de certains programmes nationaux soit en moyen humain, soit en matériel de recherche prédisposent à l'incapacité de réunir certaines données ou résultent en des résultats très variables ou incohérents.

d) La collecte des semences des variétés désignées par les programmes nationaux est très difficile due aux règlements de la quarantaine. quand l'atelier annuel sur le maïs et le niébé est tenu à l'IITA/Ibadan ou quand l'atelier n'est pas tenu avant le début de la saison de culture.

e) L'envoi tardif des résultats des essais régionaux par certains programmes nationaux empêchent leur analyse à temps et leur inclusion dans les rapports annuels.

## V. RECOMMANDATIONS POUR LE FUTUR

### 1. Sélection du Maïs

#### Savane Soudanienne

- a) Continuer le travail déjà initié pour améliorer la résistance de Pool 16 DR à la sécheresse. Développer un pool résistant à la sécheresse en combinant les plasma germinatifs : Temp x Trop n° 42, Safita-104, Pool 16, Jaune Flint de Saria et Capinopolis 8245 qui ont été déjà identifiés par notre programme comme tolérant la sécheresse.
- b) Améliorer la nouvelle population TZEF-Y combinant la rusticité des variétés locales et la résistance aux maladies foliaires des variétés améliorées.
- c) Améliorer les variétés locales (Koudougou et Rayitiri).
- d) Améliorer les composites extra-précoces : TZEE-Y, TZEE-W-1, TZEE-W-2, TZEE-W-3, DMR ESR-Y x JFS x K. Tollo, Pool 29 x K. Tollo, Pool 27 x Gua 314 BC1.
- e) Continuer à coopérer avec le CIMMYT et l'IITA dans l'amélioration des populations 45, 31, Pool 16 et TZESR-W et continuer à conduire les essais ELVT-20 et EVT-16 A.

#### Savane Nord Guinéenne

Continuer à évaluer TZSR-W-1, TZSR-Y-1, Pop 22, Pop 28 et TZUT et mener les essais ESR, ISR, LSR et ELVT 18 A et 18 B.

## 2. Agronomie du Maïs

### Recherche au Siège

- a) Evaluation des effets résiduels à moyen et long terme dus aux pratiques culturales traditionnelles et améliorées sur les propriétés physiques et chimiques du sol.
- b) Test et développement des systèmes de production englobant des légumineuses qui pourraient amener à la réduction des besoins en engrais azotés.
- c) Evaluation des systèmes de production associant le maïs et d'autres cultures qui pourraient amener à une utilisation plus efficiente des ressources disponibles, à une réduction des risques et à une meilleure conservation du sol.
- d) Continuer l'évaluation de l'interaction génotype x aménagement avec accent sur les aspects de fertilité du sol et de la sécheresse.
- e) Continuer le développement (perfectionnement) et le test des outils à traction animale utilisés pour faire les billons cloisonnés.
- f) Raffiner les recommandations développées pour la production du maïs dans les zones tropicales semi-arides.
- g) Etablir des pratiques d'aménagement propices pour cultiver des nouvelles variétés améliorées dans les zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest.

### Tests Régionaux (Réseau coopératif)

Il y a des grandes différences entre les pays de l'Afrique de l'Ouest et du Centre en termes de :

- Superficie totale des zones semi-arides,
- Importance relative de la savane nord guinéenne par rapport à la savane soudanaise.



- Importance du maïs comparé au sorgho et au mil.
- Développement et évaluation des technologies améliorées pour la production du maïs.

Ces différences dictent une grande diversité entre les pays quant au type de recherche agronomique à mener et donc des types d'essais (nationaux ou régionaux) d'importance prioritaire.

D'une façon générale, il semble que :

- qu'une priorité doit être accordée à la Savane Nord-Guinéenne par rapport à la Savane Soudanienne, cela, c'est pour faire remarquer que le projet IITA/SAFGRAD a mis plus d'accent sur la dernière (Savane Soudanienne).

- Dans la Savane Nord-Guinéenne, si ce n'est déjà fait, les priorités devraient porter sur :

- . Les méthodes de préparation du sol et le binage sans et avec les résidus de récolte.
- . La fertilisation (azote et phosphore) notamment les doses, les sources, le temps et mode d'applications ainsi que les arrières effets.
- . L'aménagement des surfaces de semis (pour minimiser les problèmes liés à la sécheresse ou à l'engorgement durant certaines périodes de la saison des cultures.
- . Les dates de semis.
- . Les rotations et les associations des cultures y compris les cultures de relais.
- . La lutte contre les mauvaises herbes, y compris le Striga.
- . La lutte contre les insectes et maladies.
- . Le développement ou l'évaluation des génotypes résistants à la striure.

Dans la Savane Soudanienne, les priorités porteraient sur :

- . Les méthodes de préparation et de binage du sol.
- . L'aménagement des surfaces de semis.
- . La fertilisation azotée et phosphorée.
- . Les dates de semis.
- . Les rotations et associations des cultures.
- . La lutte contre les termites.
- . Les pratiques culturales pour les variétés de maïs extra-précoces.

- Les agronomes devraient travailler en collaboration étroite avec les économistes afin de mieux appréhender la notion de profit engendrée par une technologie nouvelle ou améliorée.

- Une attention devrait être accordée aux problèmes liés à la bonne germination et survie des plantes ainsi que l'effet des pratiques culturales sur cette germination.

### 3. Entomologie du Maïs

- a) Poursuite de criblage des variétés de maïs et développement d'une méthodologie permettant de sélectionner des variétés de maïs résistantes aux termites.
- b) Evaluer d'autres insecticides moins coûteux et moins dangereux que le Furadan.
- c) Etudier les pertes causées par les insectes des denrées stockées.

### 4. Sélection du Niébé

Il est évident qu'un grand progrès a été accompli dans le domaine de la sélection du niébé durant ces 10 dernières années. Cependant, le travail sur le Striga et la sécheresse doit être renforcé. Un accent particulier devrait être déployé afin d'identifier des nouvelles sources de résistance à la race de Striga existant au Niger

et au Nigéria et de confirmer la multiple résistance chez les variétés de niébé IT82D-849 et B 301. Une fois cela accompli, de gros efforts devraient être déployés afin de combiner cette résistance à d'autres caractères agronomiques désirables telle que la résistance à la sécheresse, aux insectes et maladies et ainsi, développer des variétés de large et de spécifique adaptation incluant des variétés photosensibles résistantes au Striga pour répondre aux systèmes de production des petits paysans.

Un accord officiel devrait être signé avec "Weed Research Group" à "Long Ashton Research Station" dans le cadre de la sélection du matériel développé combinant la résistance aux différentes souches et développer une recherche de base sur le mécanisme de résistance, les méthodes de sélection et les aspects biochimiques et physiologiques.

De façon similaire, le travail sur la sécheresse devrait être poursuivi pour développer ou identifier des variétés à usage multiple convenant aux systèmes de production associant les céréales dans les savanes soudanienne et sahélienne de l'Afrique de l'Ouest.

Un accent particulier devrait être mis sur les méthodes de sélection et la quantification des caractères de résistance tout en faisant ressortir leur performance sous les conditions actuelles. Il est fortement recommandé, comme dans le cas du Striga, qu'une coopération avec une institution travaillant dans ce domaine soit engagée. Des possibilités d'utilisation des techniques de culture de tissu actuellement utilisées dans le développement du matériel tolérant le stress devraient être explorées. C'est le cas du "International Plant Biotechnology Network Project on Tissue Culture for Crops, Colorado State University".

Des structures adéquates permanentes et une équipe qualifiée devraient être envisagées dans une localité appropriée de la sous-région. Cela comprendrait nécessairement un scientifique très expérimenté dans le domaine de la sélection du niébé.

Les facilités pour renforcer la formation sont aussi indispensables. Sans personnel qualifié, il semble très difficile, dans un futur proche, d'espérer des changements notables dans le domaine de la recherche, d'évaluation et de distribution des technologies menant à une augmentation de la production alimentaire. Ainsi, la formation au niveau national devrait être prioritaire. La formation serait envisagée aux niveaux licence, maîtrise et doctorat. Aussi, un accord de coopération devrait être envisagé avec au moins deux Universités, l'une anglophone et l'autre francophone, pour faciliter cette formation. Il serait souhaitable que ces universités aient une expérience des zones semi-arides. L'Université de Laval au Canada pour le Français et l'Université de Californie, Riverside au Colorado state University pour l'Anglais pourraient répondre à ces critères.

## **5. Agronomie du Niébé**

### Savane Nord Guinéenne

#### a) Aménagement du niébé en culture pure.

- . L'étude du chaulage, de la fertilisation azotée et phosphatée ainsi que leurs arrières effets devrait se poursuivre.
- . L'étude des arrières effets des engrais phosphatés solubles et des phosphates du Burkina dans la rotation niébé, maïs, sorgho et petit mil devrait continuer.
- . Le paillage avec l'herbe en place (in situ mulch) est à évaluer.

#### b) Culture mixte

Les études relatives aux cultures mixtes sont importantes à poursuivre, notamment :

- . L'espacement, la densité et les dates de semis dans les associations sorgho-niébé.

- . L'effet des cultures mixtes sur la productivité des sols.
- . Les cultures mixtes sorgho-soja (particulièrement dans la savane nord guinéenne).

#### Savane Sahélienne

- . Des études similaires à celles recommandées pour les Savanes Nord-Guinéenne et Soudanienne restent nécessaires pour la Savane Sahélienne, seulement, le petit mil devrait remplacer le sorgho dans les cultures mixtes avec le niébé.
- . Les cultures de relais maïs-niébé devraient être abandonnées.
- . L'évaluation des variétés de niébé pour la résistance à la sécheresse et à la grande chaleur ainsi que l'effet des brise-vent sur la performance du niébé deviennent importantes à explorer.

#### **6. Entomologie du Niébé**

Les études suivantes devraient se poursuivre :

- a) Lutte contre les maladies et les parasites du niébé en début de croissance (aphides et Thrips) et au stockage (bruches). L'accent devrait porter sur l'identification des maladies et insectes, la sélection pour la résistance et la lutte par des insecticides sélectifs.
- b) Evaluation du rôle des ennemis naturels (parasites, prédateurs et pathogènes) sur les maladies et parasites du niébé.
- c) Etude de la dynamique des insectes dans les systèmes de production.

## 7. Eau/Sol

Les points suivants devraient avoir une attention particulière:

- a) Quantification des réponses des variétés locales et améliorées d'arachide et du sorgho ainsi que des variétés améliorées du petit mil aux billons cloisonnés.
- b) Réponse des cultures mixtes aux billons cloisonnés.
- c) Evaluation des billons cloisonnés en champs paysans et apprécier les causes de la différence de résultats entre stations et champs paysans.
- d) Caractérisation des bandes de cailloux, des trous et d'autres systèmes de conservation du sol et de l'eau en termes de propriétés physiques, chimiques et hydrologiques du sol.
- e) Etudes à long terme des systèmes du minimum ou sans labour concernant la longueur de la mise en culture et de la jachère, les changements des propriétés du sol dans le temps ainsi que la viabilité économique.

VI. ANNEXES

LISTE DES CITOYENS BURKINABE AYANT BENEFICIE DES COURS DE  
FORMATION PAR L'INTERMEDIAIRE DE L'IITA-SAFGRAD.

1983

Stages pratiques

Mr. Laurent Ouédraogo	Entomologie
Mr. Hamadou Guiré	Entomologie

Etudiants

Mr. Dounia Kagne	Agronomie du Niébé
Mr. Mamadou Coulibally	Agronomie du Niébé

1984

Stages pratiques

Mr. Soumaïla Salambéré	Entomologie
------------------------	-------------

Etudiants

Mr. Dounia Kagne	Agronomie du Niébé
Mr. Mamadou Coulibally	Agronomie du Niébé

1985

Etudiants

Mr. Madia Jérémy Onadja	Sélection du Maïs
Mr. Joanny Zongo	Entomologie
Mr. Emmanuel Compaoré	Sélection du Niébé
Mr. Omar T. Hié	Entomologie
Mr. S. Paul yameogo	Entomologie

1986

Stages pratiques (Nigéria)

Mr. Adama Boundaogo
Mr. Marcel Combéré
Mr. Raymond Sandwidi

Etudiants

Mr. Alain Kaboré	Sélection du Maïs
------------------	-------------------

1987

Stages pratiques (IITA, Nigéria)

Mme Clémentine Dabiré	Lab./Statistiques
Mr. Neya Adame	Maïs
Mr. Jacob Sanou	Maïs.

PERSONNEL CHERCHEUR DE L'IITA/SAFGRAD

<u>NOM</u>	<u>SPECIALITE</u>	<u>NATIONALITE</u>	<u>COOPERANT</u>	<u>DONATEUR</u>	<u>OBSERVATIONS</u>
1. V.D. AGGARWAL	Selectionneur de Niébé	Indien	IITA	CRDI	Jusqu'en Mars 1988
2. V.L. ASNANI	Selectionneur de Maïs	Indien	IITA	USAID	Jusqu'en Avril 1984
3. A.O. DIALLO	Selectionneur de Maïs	Guinéen	CIMMYT/IITA	USAID	Jusqu'en Juin 1988
4. J.M. FAJEMISIN	Selectionneur de Maïs	Nigerian	IITA	USAID	De Mai 1988 à Août 1990
5. N.R. HULUGALLE	Agro. Gestion Eau/Sol	Srilankais	IITA	USAID	Jusqu'en Dec. 1987
6. N. MULEBA	Agronome du Niébé	Zaïrois	IITA	USAID	Jusqu'en Août, 1990
7. M.S. RODRIGUEZ	Agronome de Maïs	Colombien	IITA	USAID	Jusqu'en Mars 1988
8. Y.S. RATHORE	Entomologiste	Indien	IITA	USAID	Jusqu'en Dec. 1983
9. J.B. SUH	Entomologiste & Chef du Projet	Camerounais	IITA	USAID	Jusqu'en Juin 1988



**AFRICAN UNION UNION AFRICAINE**

**African Union Common Repository**

**<http://archives.au.int>**

---

Department of Rural Economy and Agriculture (DREA)

African Union Specialized Technical Office on Research and Development

---

1985

# RESULTATS DE 9 ANNEES DE REDHERCH SUR LE MAÏS ET LE NIEBE DANS LES ZONES SEMI-ARIDES IN BURKINA FASO

IITA

AU-SAFGRAD

---

<http://archives.au.int/handle/123456789/6039>

*Downloaded from African Union Common Repository*