

14.300 IRA

REPUBLICQUE DU MALI

INSTITUT FÜR STRUKTURFORSCHUNG
UND PLANUNG GMBH
6380 BAD HOMBURG V. D. HA
TANNENWALDALLEE 49

MINISTÈRE de la PRODUCTION

INSTITUT D'ECONOMIE RURALE

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES TROPICALES
ET DES CULTURES VIVRIERES

IRAT

Ministère du Développement
Rural et de l'Hydraulique

SOMIVAC

Unité de Planification

B.P. 175 — ZIGUINCHOU

A. 1

BILAN TECHNIQUE ET FINANCIER
DES RECHERCHES EN MATIERE D'AGRONOMIE
GENERALE ET DE CULTURES VIVRIERES
CONDUITES PAR L'IRAT
DE 1962 A 1974

AU MALI

Propositions de programme
Pluriannuel de recherches

extrait

14.300 IRA

S. L.

REPUBLIQUE DU MALI

MINISTERE de la PRODUCTION

INSTITUT D'ECONOMIE RURALE

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES TROPICALES
ET DES CULTURES VIVRIERES

IRAT

BILAN TECHNIQUE ET FINANCIER
DES RECHERCHES EN MATIERE D'AGRONOMIE
GENERALE ET DE CULTURES VIVRIERES
CONDUITES PAR L'IRAT
DE 1962 A 1974

AU MALI

Propositions de programme
Pluriannuel de recherches

Ministère du Développement
Rural et de l'Hydraulique
SOMIVAC
Unité de Planification
B.P. 175 — ZIGUINCHOR

SOMMAIRE GENERAL

Carte de la République du MALI : Implantation de l'IRAT

I - PREMIERE PARTIE

(impression sur papier blanc)

	Pages
BILAN TECHNIQUE ET FINANCIER DES RECHERCHES EN MATIERE D'AGRONOMIE GENERALE ET DES CULTURES VIVRIERES CONDUITES PAR L'I.R.A.T. de 1962 à 1974	1
A - Historique	6
B - Les Objectifs de Recherche et les résultats au fil des années	9
C - Les Moyens utilisés	76

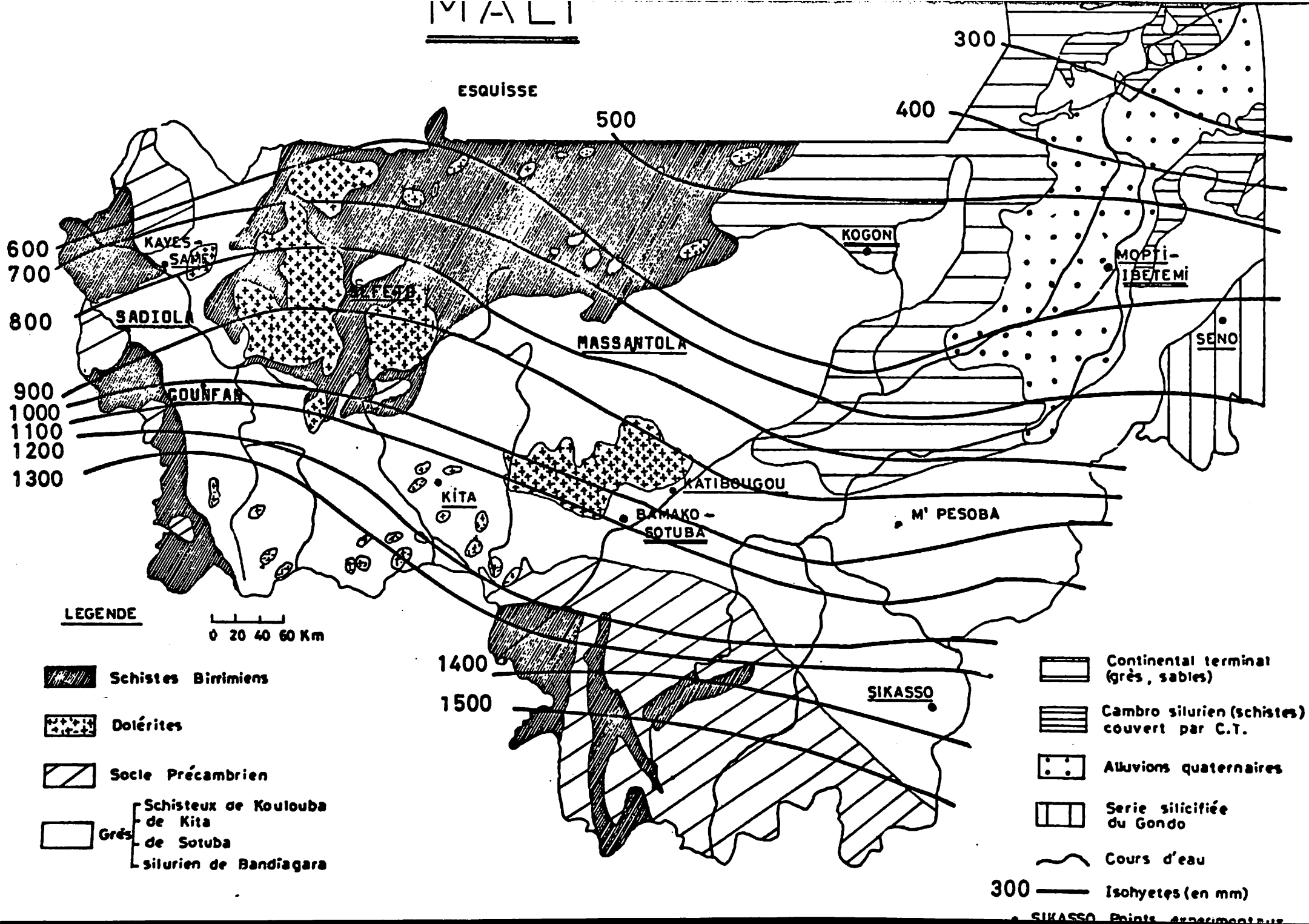
II - DEUXIEME PARTIE

(impression sur papier saumon)

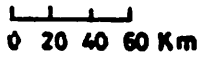
PROPOSITION D'ORIENTATION DES RECHERCHES ET JUSTIFICATION DES MOYENS A METTRE EN OEUVRE.	1
---	---





MALI







ESQUISSE



LEGENDE



-  Schistes Birrimiens
-  Dolérites
-  Socle Précambrien
-  Grés
 - Schisteux de Koulouba de Kita
 - de Sotuba
 - silurien de Bandiagara

-  Continental terminal (grès, sables)
-  Cambro silurien (schistes) couvert par C.T.
-  Alluvions quaternaires
-  Serie silicifiée du Gondo
-  Cours d'eau
-  Isohyetes (en mm)

300 SIKASSO Points aréométriques

I - PREMIERE PARTIE

BILAN TECHNIQUE ET FINANCIER DES RECHERCHES
EN MATIERE D'AGRONOMIE GENERALE ET DES CULTURES VIVRIERES
CONDUITE PAR L'I.R.A.T.
de 1962 à 1974

I. - PREMIERE PARTIE

BILAN TECHNIQUE ET FINANCIER DES RECHERCHES EN MATIERE D'AGRONOMIE
GENERALE ET DES CULTURES VIVRIERES CONDUITES PAR L'IRAT DE 1962 A 1974

S O M M A I R E

	Pages
A. - <u>HISTORIQUE</u>	6
1. - <u>APERCU DE LA SITUATION INITIALE EN 1962</u>	- -
2. - <u>EVOLUTION DES STRUCTURES DEPUIS L'ARRIVEE DE L'IRAT</u>	- -
B. - <u>LES OBJECTIFS DE RECHERCHES ET LES RESULTATS AU FIL DES ANNES</u>	9
a - <u>Amélioration de la riziculture</u>	10
1 - <u>Amélioration variétale</u>	-
11 - Riziculture pluviale et de Bas-fonds	-
12 - Riziculture flottante	-
121 - Situation en 1962	-
122 - Objectifs des recherches	11
123 - Résultats	-
1231. Introduction de variétés nouvelles et évaluation de leurs potentialités	-
1232. Prospection des variétés locales Glaberrima et comparaison avec les Sativa	13
1233. Création de nouvelles variétés	-
13 - Riziculture dressée ou irriguée	15
131 - Riziculture de saison - situation en 1962	-
132 - Riziculture de contre-saison	16
14 - Conclusion	-
2 - Défense des Cultures	17
21 - Malherbologie	-
211 - Zones de riziculture irriguée (riz sauvages annuels - <i>Ischaemum rugosum</i>)	-
212 - Zones de submersion contrôlée (riz sauvages à rhizomes)	-
2121.-Zones hautes	-
2122. Zones basses	18

	Pages
213 - Zone à irrigation contrôlée (Riz sauvages à rhizomes)	18
22 - Entomologie	-
b - <u>Amélioration Variétale Sorgho-Mil-Maïs-Arachide</u>	19
1. - <u>Sorgho</u>	
11 - Situation avant la prise en charge par l'I.R.A.T.	-
12 - Sélections depuis 1964	20
121 - Sélection sur variétés locales	-
122 - Sélection par hybridation et étude des descendance	22
1221. Objectifs	-
1222. Méthodes	-
1223. Choix des géniteurs	-
1224. Travaux effectués et résultats	23
123 - Introduction essais coopératifs	24
124 - Hybrides F1	25
13 - Tableau récapitulatif des variétés vulgarisables (extrait de la fiche technique n°001 STA/AMS Août 1972)	26
14 - Conclusion	27
2. - <u>Mil Pennisetum</u>	28
21 - Situation avant la prise en charge par l'I.R.A.T.	-
22 - Travaux et résultats depuis 1964	-
221 - Sélection pédigré - massale de HARLAND	-
222 - Sélection d'écotypes	29
223 - Sélection récurrente avec test des top-cross	30
224 - Sélection récurrente avec test S1	-
225 - Introductions	-
226 - Hybrides intervariétaux	31
227 - Obtention de populations naines	-
23 - Liste des variétés vulgarisables	-
24 - Conclusion	32
3. - <u>Maïs</u>	33
31 - Généralité sur la culture du Maïs au Mali	-
32 - Perspectives de développement	-
33 - Travaux réalisés avant 1962	34
34 - Travaux réalisés depuis 1964	35
35 - Variétés proposées à la vulgarisation	36

4 - <u>A r a c h i d e</u>	37
4.1. Amélioration de l'arachide	-
411 - Variétés tardives	-
412 - Variétés résistantes à la rosette	-
413 - Variétés hâtives	-
4.2. Mise au point de différentes techniques	38
421 - Fongicides	-
422 - Herbicides	-
423 - Régulateurs de croissance	-
43 - Multiplication de semences des variétés vulgarisées	39
431 - Sélection de pieds de cuve et production Elite I	40
432 - Contrôles techniques des multiplications des Elites	-
433 - Contrôle de l'incidence de l'opération arachide sur la qualité de la production	-
c. - <u>PROGRAMMES ANNEXES</u>	41
1 - <u>Blé</u>	-
11 - Inventaire des travaux	-
12 - Principaux résultats	42
13 - Orientation pour l'avenir	43
2 - <u>Canne à Sucre</u>	44
21 - Cycle de culture	-
22 - Sélection variétale	-
23 - Fumure	-
24 - Irrigation drainage	-
25 - Rendements agricoles et tenue des repousses	45
26 - Richesse en sucre des cannes	-
27 - Conduite de la culture	-
28 - Ennemis et maladies	-
d. - <u>PEDOLOGIE - AGRONOMIE - ETUDES DES TECHNIQUES CULTURALES</u>	46
1 - <u>Etudes pédologiques</u>	-
11 - Caractéristiques physico-chimiques des sols des Station et des PAR	-
12 - Etudes agro-pédologiques	47
13 - Etudes pédologiques	-
14 - Etudes morpho-pédologiques	-
15 - Etudes diverses	48
16 - Conclusion	-
2 - <u>Le laboratoire des sols</u>	-

3 - AGRONOMIE

3.1. - Première orientation (système agraire extensif	-
311 - Recherche de formules de fumure à faibles doses et à rentabilité immédiate sur l'arachide	52
312 - La fumure du riz	54
3121 - Utilisation des engrais azotés - Doses et modes d'apport	-
3122 - Utilisation des engrais phosphatés	57
3123 - Effet des autres éléments minéraux potassium-Calcium-Magnésium	58
3124 - Effet de la Matière organique - Résidus de récolte	-
3125 - Effet résiduel de la fertilisation en riziculture continue	-
313 - La fumure des céréales de culture sèche (Mil-Maïs-Sorgho)	59
3131 - Effet direct des fumures annuelles sur Mil-Maïs-Sorgho)	-
3132 - Effet résiduel sur céréales de fumure du cotonnier et de l'arachide	60
- Après arachide	61
- Après cotonnier	-
314 - Conclusions	62
3.2. - Deuxième orientation (système agraire semi-intensif ou intensif)	64
321 - Techniques mises en oeuvre dans les études de fertilisation	65
3211 - Diagnostic des carences du sol, de leur gravité et de leur hiérarchie	-
3212 - Correction des carences dans le sol en place courbes de réponse - Fertilisation de redressement.	66
32121 - Phosphore	-
32122 - Azote	67
32123 - Potassium	68
3213 - Conservation de la fertilité acquise	-
322 - Etudes des amendements	69
3221 - Les phosphates naturels de Tilemsi	-
3222 - Amendements organiques	70
32221 - Le fumier de ferme	-
32222 - Les résidus de récolte	-
323 - Etude de la fertilisation à l'échelon d'un système de culture - Conclusions.	71

	Pages
4 - <u>LES TECHNIQUES CULTURALES</u>	73
4.1. - Les cultures sèches	-
4.2. - Riziculture irriguée	-
4.3. - Riziculture flottante	-
431 - Résultats concernant le matériel	-
4311 - Labour	-
4312 - Réparation du lit de semences	74
4313 - Semis	-
4314 - Binages	-
432 - Résultats sur les techniques culturales	-
4321 - Labour	-
4322 - Préparation du lit de semences	75
4323 - Semis	-
4324 - Temps de travaux	-
433 - Problèmes de la traction - Conclusions	-
C. - <u>LES MOYENS UTILISES</u>	76
1. - <u>Les conventions passées entre le Mali et l'I.R.A.T.</u>	-
2. - <u>Dotations financières allouées dans le cadre</u> <u>de la convention générale</u>	78
2.1. - Budget de fonctionnement	-
2.2. - Budget d'équipement	79
2.3. - Commentaires sur les règlements	80
231 - Insuffisance des crédits en regard aux augmentations des coûts depuis 1969	-
232 - Crédits impayés	-
2.4. - Budget 1975 - Justification	-
3. - Subvention française attribuée par le personnel expatrié en Service au Mali	81
4. - Les moyens en personnels	84
4.1. - Etat nominatif et calendrier des mouvements du personnel expatrié d'Assistance technique à l'IRAT de Mai 1962 à 1974	-
4.2. - Situation du personnel Malien	-
421 - Situation en 1967	-
422 - Situation en 1974	85
423 - Evolution des effectifs	86
5. - La formation	-

A - HISTORIQUE -

1. APERCU DE LA SITUATION INITIALE EN 1962 -

La plupart des travaux de recherches appliquées à l'agriculture ont jusqu'en 1960 été réalisés au Mali, directement ou tout au moins sous les directives et le contrôle technique et scientifique du Centre Fédéral de Recherches Agronomiques de Bambey (Sénégal) et de l'Office du Niger.

C'est en 1961, qu'un service Malien de la Recherche Agronomique a été créé dont le rôle essentiel est d'assurer la coordination et les liaisons permanentes entre les différents organismes de recherches œuvrant au Mali.

Dès 1961, la Division de la Recherche Agronomique a été chargée directement de certains volets du programme. Ce n'est qu'à partir de 1962 que l'IRAT a repris à son compte et progressivement les actions de recherche relevant de sa compétence.

2. EVOLUTION DES STRUCTURES DEPUIS L'ARRIVEE DE L'IRAT -

La vocation de l'Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières (I.R.A.T.), créé le 1er Juillet 1960, est d'entreprendre et de développer dans les régions tropicales toutes études et recherches appliquées en matière d'Agronomie Générale et de cultures vivrières en vue du développement de la production agricole.

La Convention d'Assistance Technique en matière de Recherches Agronomiques et de Cultures Vivrières a été conclue avec la République du MALI en Mai 1962.

L'IRAT était chargé dès cette date :

- des problèmes d'Agropédologie (étude des sols et de la fertilisation) dans le cadre de l'Office du Niger -
- de l'amélioration variétale du Riz et du Blé -
- des recherches pour la culture industrielle de la canne à sucre.

Des modifications sont intervenues depuis la signature de la Convention :

- en 1964, le Gouvernement du Mali a demandé à l'I.R.A.T. la création d'une Section d'Amélioration Variétale des Mils et Sorghos,

- par décision de la Présidence de la République, les recherches sur la Canne à Sucre ont été interrompues depuis le 30 Juin 1968,

- en cours d'année 1968, le Gouvernement du Mali a demandé à l'I.R.A.T. de prendre en charge la Section des "Plantes Oléagineuses Annuelles", Section qui concerne essentiellement l'amélioration variétale de l'Arachide.

L'action de l'IRAT au Mali a pour but la diversification des cultures conformément aux objectifs du plan de Développement.

Les Stations ou Cellules de recherches, utilisées jusqu'en 1974 ont été :

1. KOGONI, implantée sur l'Office du Niger, utilisée antérieurement en commun avec l'I.R.C.T. où les travaux concernent le riz dressé, les autres céréales traditionnelles traitées en culture sèche ou irriguée, le Blé évoluant en saison sèche.
2. MOPTI-IBETEMI, pour l'amélioration variétale des riz flottants.
3. BAMAKO-SOTUMA où, depuis 1964, est basée l'expérimentation centrale pour l'amélioration variétale des céréales de culture sèche et où sont installés les laboratoires d'Agropédologie.

Les travaux d'Agropédologie qui avaient largement débordé, depuis 1965, le cadre étroit et limité de l'Office du Niger pour s'attacher à résoudre les problèmes posés notamment par le développement de la production arachidière, rizicole hors Office et céréalières de culture sèche, ont subi une nouvelle extension.

Le programme s'est enrichi d'expérimentations nouvelles ou plus étendues en ce qui concerne :

- les effets résiduels, sur céréale, de la fumure apportée sur la plante industrielle dans le cadre de la rotation,
- la fertilisation spécifique des céréales de culture sèche,
- l'utilisation des phosphates de Tilemsi.

En 1969, l'IRAT/MALI a étendu ses activités grâce à l'exploitation de quatre autres structures dont trois nouvelles :

4. l'ancienne Station de SAME où dans le cadre de l'O.E.R.S. et en collaboration avec les responsables du Projet "F.A.O. Recherches agronomiques de la Vallée du SENEGAL", une expérimentation variée a été implantée : amélioration variétale de l'arachide et des céréales de culture sèche, agropédologie -
5. la Cellule de KOULIKORO, base de la Section d'Amélioration Variétale de l'Arachide -
6. le Point d'Appui de la Recherche (P.A.R.) du SENO à vocation essentiellement vivrière (Cercles de KORO et BANKASS) -

7. le P.A.R. de KITA, intégré à l'Opération Arachide, avec pour objectif prioritaire le développement de la production arachidière -
8. le P.A.R. de LANGOUROLA, près de Sikasso, a été créé en 1972 sur un financement F.E.D. Ce Point d'Appui de la Recherche est situé moitié dans un bas-fond, moitié en terre exondée, sur des sols ferrugineux tropicaux lessivés formés sur grès infracambriens. La vocation première est la culture du riz de bas-fond et de nappe. La partie exondée est consacrée aux céréales traditionnelles : sorgho, mil, maïs et riz pluvial strict.
9. Enfin en 1974, le dispositif a été complété par des structures plus légères que les P.A.R., permettant de réaliser un nombre limité d'expérimentation permanente. Quatre P.E.P. (Points d'Expérimentation Permanent_s) ont ainsi été implantés dans la zone de "l'Opération Arachide" sur financement conjoint FAC-MALI.

Ainsi, depuis la signature de la Convention, les programmes et travaux réalisés par l'IRAT/MALI n'ont cessé de s'étendre régulièrement avec le souci permanent d'éclater l'expérimentation dans des points choisis et représentatifs des différentes situations pédoclimatiques du MALI Agricole.

B - LES OBJECTIFS DE RECHERCHES ET LES RESULTATS AU FIL DES ANNEES

L I M I N A I R E

Du fait de la vocation d'Agronomie Générale et de diversification de l'Institut et de l'importance des cultures vivrières au Mali, les programmes couvrent une partie essentielle des préoccupations agronomiques du pays.

L'ampleur des programmes et les dimensions relativement modestes jusqu'à ce jour des équipes de recherches qui se sont succédées font que ceux-ci ont pour une grande part un aspect très appliqué et correspondent souvent à des objectifs d'adaptation aux conditions locales. Ces programmes répondent aux impératifs suivants :

- Devrer au niveau des régions (et Opérations) dans un cadre et pour des besoins qui doivent être définis, en principe, par les autorités et services techniques locaux en fonction des objectifs du plan de développement ;

- dans une première phase, mettre à la disposition de l'utilisateur des moyens techniques simples permettant à court terme un accroissement notable des diverses productions.

Il s'agit en fait de dégaquer les solutions partielles ou indéterminées qui jalonnent le développement dans un souci de progrès immédiat.

- Aboutir à plus long terme à une agriculture intensive et rationnelle et mettre au point dès à présent des "systèmes agricoles plus productifs" pour fournir des éléments d'appréciation aux autorités responsables et inspirer les objectifs des plans de développement en matière d'aménagement.

Par souci de clarté, il nous a semblé opportun de présenter simultanément les objectifs assignés et les résultats correspondants acquis au cours des années pour chacun des grands secteurs du programme général de recherches.

Nous procéderons par plante pour l'amélioration variétale en donnant la priorité dans cet exposé à l'amélioration de la Riziculture, en raison de la vocation rizicole du Mali et des résultats importants enregistrés dans ce domaine.

a)- AMELIORATION DE LA RIZICULTURE -

1 - Amélioration variétale

1.1. Riziculture Pluviale et de Bas-fonds

Pour ce type de riziculture, l'objectif prioritaire est la définition d'une gamme de variétés adaptées aux différentes écologies.

Les recherches n'ont véritablement commencé qu'avec la création du point d'appui de Sikasso sur financement FED en 1972.

Avant la mise on place de cette structure, les recherches entreprises ne portaient essentiellement que sur le riz de bas-fonds et leur réalisation était confiée à la Section des Essais Multilocaux. Malgré un nombre d'essais non valables important, ce premier stade des recherches a permis de démarrer la vulgarisation de deux variétés pour les bas-fonds de la Région de Sikasso : ~~052-37~~ et SEGADIS.

Après une campagne difficile en 1972 à cause des retards dans l'aménagement du point d'appui, la campagne 1973 a permis d'obtenir les premiers résultats intéressants.

Dès à présent, les variétés suivantes peuvent en effet être multipliées en vue de leur vulgarisation :

- Riz pluvial - DOURADO PRECOCE 2,5 - 3 t/ha
 - PRAT.O PRECOCE
 - IAC 2564
- Riz de Bas-fonds - IR 442 4 - 5 t/ha
- Riz Flottant - Hybrides Malirat
D M 12 et D M 16 ((6 t/ha à Mopti)

Ces multiplications sont en cours en 1974.

1.2. Riziculture Flottante -

1.2.1 - Situation en 1962 -

Depuis 1952, les recherches sur le riz flottant avaient été entreprises à la Ferme d'IBETEMI, ainsi que des cultures de multiplications.

En 1962, 203 variétés avaient été introduites dont seulement 54 avaient été conservées. Sur les 145 variétés introduites du Pakistan en 1961, 18 seulement s'étaient révélées assez vigoureuses.

En 1962, les variétés vulgarisées sont des sélections d'avant 1961 :

- Malobadian : précoce, peu productif, germe dans l'eau à la récolte, introduit en 1954 de Guinée (KANKAN) -
- Indochine Blanc : de productivité moyenne (2 t/ha).
- Nang Tay : Variété introduite du Viet-Nam en 1955, peu productive (1,5 t/ha).

Leur principal avantage sur les riz locaux réside dans la blancheur de leur caryopse mais les semences produites sont souvent mélangées avec du riz glaberrima.

1.2.2.- Objectifs des Recherches -

- a) Relever la productivité des variétés dans chaque gamme de cycles et pour chaque hauteur d'eau,
- b) Améliorer les qualités technologiques du grain pour permettre l'exportation éventuelle d'une fraction de la production,
- c) Produire des semences pures de ces variétés.

1.2.3 - Résultats

Le résultat le plus rapide à obtenir était de purifier les semences des variétés vulgarisées distribuées aux paysans. Dès 1962, de nouvelles multiplications à partir de plants sélectionnés ont été entreprises. En 1964, les semences Elite II distribuées étaient exemptes de grains rouges et la pureté variétale était supérieure à 998 ‰. Les soins apportés à la production des Elites I et II ont permis de maintenir ce taux de pureté des Elites II jusqu'en 1972, campagne après laquelle la production des Elites II a été confiée à l'O.R.N.

Pour les Elites I, dont l'IRAT a toujours la charge, la sélection pedigree permet de maintenir la pureté des semences et de conserver le standard de la variété.

Les recherches pour l'augmentation de la productivité ont été entreprises dans deux directions principales : introduction de nouvelles variétés sativa et prospection systématique de riz glaberrima locaux pour leur comparaison avec les riz introduits.

1.2.3.1. - Introduction de variétés nouvelles et évaluation de leurs potentialités

Dès 1962, une série importante d'introductions de variétés sativa, originaires du Sud Viet-Nam, a été réalisée. Deux autres séries d'introductions ont complété ce travail en 1967 et 1970 avec des variétés originaires de Thaïlande.

En 1971, suite à une demande de nouvelles introductions envoyée au Pakistan, Sud Viet-Nam et Thaïlande, il nous a été répondu que notre collection comportait déjà toutes les variétés connues dans ces pays.

Trois nouvelles variétés créées en Thaïlande par la Fondation Rockefeller ont été introduites en 1972 et 1973.

En 1973, le nombre total de variétés introduites et testées à Mopti se montait à 286 variétés sur lesquelles 128 se sont adaptées à l'écologie de Mopti et son actuelllement conservées en collection et cultivées tous les deux ans.

L'évaluation de la productivité de ces variétés a permis dès 1963 de modifier la gamme des variétés vulgarisées et de mettre en évidence l'intérêt des variétés tardives :

- la variété 61-05 (Khao Gaew 92-5-23) est proposée à la vulgarisation en remplacement de Nang Tay ; de même cycle, elle a une productivité supérieure et atteint 3,2 t/ha en essai sans engrais ;

- Indochine G, sélectionnée dans la population d'Indochine Blanc, passe en multiplication Elite II en 1964 (rendement de 2,8 t/ha en essai) ;

- la variété 61-12 (Mali Sawn 3-71-20) se distingue avec des rendements approchant 4 t/ha en essai, tandis que dans les multiplications toutes les variétés dépassent 2 t/ha.

En 1965, les variétés multipliées en Elite II sont Malobadian, Indochine G, Khao Gaew et Mali Sawn.

L'adaptation de ces variétés à différentes hauteurs d'eau s'est poursuivie ensuite : c'est ainsi que la limite de culture du riz dressé a pu être fixée à 60-80 cm d'eau. Les variétés flottantes vulgarisées s'adaptant toutes à des hauteurs d'eau importantes (2,5 à 3 m), la zone de culture de chacune d'entre elles a été fixée d'après leur cycle ; les variétés les plus précoces devant être cultivées dans les zones à décrue précoce, Mali Sawn, très tardive, convenant particulièrement pour les zones profondes des rizières de Mopti, et Khao Gaew pour les zones un peu plus hautes, ou la Région de Ségou.

Parallèlement, l'adaptation au repiquage et l'étude des potentialités des meilleures variétés ont été entreprises : c'est ainsi que le potentiel maximum de ces variétés a pu être déterminé en conditions irriguées, sous forte fumure, à Kogoni :

Khao Gaew	:	8,1 t/ha
Malobadian	:	6,6 t/ha
Indochine G	:	6,0 t/ha

A partir de 1968, la fumure optimale du riz flottant ayant pu être fixée pour l'azote à 60-80 N/ha, l'étude de la productivité des variétés avec engrais a été reprise sur l'ensemble de la collection et a abouti à la vulgarisation de la variété 62-06, Nang Kiew, qui produit en essai 4,5 t/ha comme Khao Gaew et Mali Sawn, puis à partir de 1973 CU-LA (n° 62-09) de même productivité mais de cycle un peu plus court et correspondant à celui d'Indochine G, abandonnée depuis 1971 à cause de sa productivité trop faible et de ses qualités gustatives médiocres.

1232 - Prospection de variétés locales glaberrima et comparaison avec les Sativa.

Des prospections systématiques des riz glaberrima cultivés dans le Delta Central ont été entreprises en 1964 et poursuivies jusqu'en 1973, date à laquelle 185 variétés avaient été réunies à Mopti, où elles sont cultivées tous les deux ans.

Toutes les variétés locales des cercles de Mopti et Ténenkou ont ainsi été rassemblées, ainsi que la presque totalité de celles du cercle de Djenné.

Plus au Nord par contre, dans la région lacustre, un important travail reste encore à faire, les difficultés de circulation et l'absence de budget spécial pour cette opération n'ayant pas permis de l'entreprendre d'une façon méthodique.

La comparaison systématique des variétés glaberrima avec les variétés sativa a été réalisée de 1966 à 1968. Il en ressort que les riz glaberrima ne dépassent jamais 95 % de la productivité des sativa, ces variétés, pour la plupart trop précoces pour les zones semi-aménagées, n'ont donc jamais été multipliées ni distribuées par l'IRAT.

Par contre, de très nombreuses observations ont été faites sur ces collections en vue de l'utilisation future de certains caractères intéressants pour un programme d'amélioration à mettre en oeuvre prochainement : les principaux caractères observés sont la résistance aux insectes, la dormance à maturité et la résistance à la sécheresse, ainsi que la vigueur à la levée.

1233 - Création de nouvelles variétés.

Pendant que se poursuivait le programme d'introductions et de prospections, l'augmentation de la productivité était recherchée par une deuxième méthode : la création de nouvelles variétés par hybridation ou mutation.

Sept séries de croisements ont été réalisées entre 1962 et 1965. Pour 4 d'entre elles, ces croisements avaient pour but de conférer à une variété flottante certains caractères de variétés dressées, susceptibles d'améliorer la productivité ou les qualités technologiques. 3 autres croisements étudiaient l'héritabilité de certains caractères non directement liés à la productivité.

Parmi les quatre premières séries de croisements, deux ont permis la mise au point de variétés très prometteuses :

- Le croisement Malobadian x D 52-37 a donné les variétés Malirat DM 12, DM 16 et DM 17, et le croisement Mali Sawn x Phar Com En : les variétés Malirat MSP 10 et MSP 11.

Ces variétés présentent de nombreux avantages sur leurs parents en particulier une productivité nettement accrue surtout dans les faibles lames d'eau : 6,9 t/ha pour la série DM, 4,9 t/ha pour la série MSP, un type de plante amélioré laissant la panicule au-dessus de l'eau jusqu'à maturité et un format de grain très amélioré.

Ces variétés sont multipliées en Elite I en 1974 et seront distribuées en 1975 après une dernière série d'essais en zone basse.

Les essais entrepris en 1972 et 1973 pour obtenir par irradiation une variété plus tardive que Mali Sawn et mieux adaptée aux zones basses de Mopti ont jusqu'à présent échoué, les grains irradiés n'ayant jamais donné de plantes viables.

A la fin de l'année 1973, les variétés recommandées par l'IRAT sont donc les suivantes :

	Productivité avec 80 N/ha	Utilisation
<u>MALOBADIAN</u> cycle semis-maturité (S.-M) 145 j.	4.000 kg/ha	Trop précoce pour Mopti - convient pour la Haute Vallée et les plaines profondes de la Région de Sikasso -
<u>CU-LA</u> cycle S.-M. : 155 j.	4.200-4.500 kg/ha	Remplace Indochine G dans les zones moyennes de Ségou et Mopti. Sera distribuée en 1975 -
<u>NANG KIEW</u> cycle S.-M. : 165 j.	4.500 kg/ha	Bien adaptée pour Ségou et les zones moyennes de Mopti -
<u>KHAO GAEW</u> cycle S.-M. : 165 j.	4.500 kg/ha	Même utilisation, grain très apprécié -
<u>MALI SAWN</u> cycle S.-M. : 180 j.	4.500 kg/ha	Trop tardif pour Ségou, adapté aux zones profondes de Mopti -
<u>MALIRAT</u> DM 12 DM 16 DM 17 cycle S.-M. : 145 j.	Dans zones hautes : 6.000 à 7.000 kg/ha Dans zones moyennes 4.000 à 4.500 kg/ha	Doit remplacer MALOBADIAN - peut également remplacer D 52-37 dans les zones hautes ou moyennes de Ségou. Très beau grain -
<u>MALIRAT</u> MSP 10 MSP 11 cycle S.-M. : 165 j.	Dans zones hautes : 4.900 kg/ha Dans zones moyennes 4.000 kg/ha environ	Pourra éventuellement remplacer Khao Gaew dans les zones moyennes de Mopti. grain amélioré -

Pour chaque cycle, il existe 3 ou 4 variétés de même productivité qui permettraient de remplacer l'une quelconque des variétés vulgarisées, en cas de besoin.

1.3. Riziculture Dressée ou Irriguée -

131 - Riziculture de saison - Situation en 1962

Avant 1960, les objectifs en matière de riziculture étaient les suivants :

- productivité en culture sans engrais,
- large gamme de cycles,
- résistance à la verse,
- riz à grain long si possible.

A partir de cette date, les consommateurs sont devenus plus exigeants et l'obtention de grain long a constitué un objectif aussi important que la productivité.

Progressivement on s'est orienté vers la recherche de variétés productives sous fortes fumures et résistantes à la verse. L'évolution dans le temps de la gamme variétale vulgarisée montre comment les objectifs de la sélection ont été progressivement atteints en utilisant d'abord les populations locales puis les introductions et les hybridations.

Les variétés actuellement proposées sont rassemblées dans le tableau ci-dessous avec leurs principales caractéristiques :

VARIETES	CYCLE Semis-Maturité	Format Paddy Rapport Long./Larg	Production (t/ha)	
			Sans Fumure	Avec Fumure
SEGADIS	120 j.	-	3,5	6
D52-37	145 j.		3	6,5
GAMBIAKA KOKUM	154 j.	3,7	3	6,4
KADING THANG	165 j.	3,9	3	7
HKG 98	163 j.	2,7	3,5	10,6
PHAR COM EN	177 j.	3,6	3	9,4
DOC PHUNG LUN	175 j.	3,3	3	8

Chaque année, un nombre important de variétés est comparé aux témoins des différents cycles. Parmi celles-ci, les variétés de type IR se sont révélées jusqu'à présent assez décevantes.

Parallèlement à cette sélection dans les collections existantes et les introductions, des travaux d'hybridations ont été engagés depuis 1962. Les objectifs de cette sélection étaient l'amélioration de la qualité du grain et de la résistance à la verse.

Ainsi, deux nouvelles variétés MALIRAT BH2 et MALIRAT DK3 sont issues du croisement de HKG 98 par Kading Thang. Dès à présent, ces deux nouvelles variétés peuvent être proposées. Leur rendement en grande culture a dépassé 5 t/ha (4,1 t pour HKG 98 et 3,5 t pour KADING THANG dans les mêmes conditions).

Ce résultat est d'autant plus remarquable que ces deux variétés ont un excellent rendement à l'usinage, particulièrement HALIRAT DK3.

La recherche de variétés à paille courte ou moyenne très résistantes à la verse, hautement productives avec fumure azotée, à démarrage de végétation rapide, est en très bonne voie.

Pour la réalisation de ce programme, il est fait appel à de nouvelles introductions et à des hybridations avec des variétés IR. Ainsi le croisement AH 10 et IR 22 semble pouvoir aboutir à une variété à paille plus courte et à grain long.

132 - Riziculture de Contre-Saison -

Dans le cadre de l'intensification de la riziculture, il a pu être établi dès 1962 que la culture du riz à contre-saison était possible dans les conditions particulières de l'Office du Niger.

Les variétés actuellement proposées sont les suivantes :

- CHIANGUNG 242	170 jours	semis du 1.11	
- TAICHUNG NATIVE I	170 jours	semis du 1.11	
- CHIANGAN B	160 jours	semis du 1.11	

dont les rendements peuvent dépasser 5 t/ha, qu'elles soient cultivées en semis direct ou en repiquage. Suivant la date de semis et les températures de Décembre à Février, les cycles vont de 150 à 170 jours. L'allongement du cycle se produit surtout pendant la phase levée-tallage (15 à 20 jours plus longue que pour le riz de saison) et la phase épiaison-maturité (5 à 10 jours).

La meilleure date de semis peut être définie comme celle qui, pour une variété donnée entraîne une floraison juste assez tardive pour éviter l'action des vents chauds et secs et des fortes températures.

1.4. Conclusion

Les recherches menées par l'IRAT de 1962 à 1973 ont mis nettement en évidence la possibilité d'une riziculture intensive à l'Office du Niger. Les rendements obtenus peuvent atteindre 6 t/ha avec une seule saison de culture, 10 t/ha avec la double culture annuelle.

Il faut souligner que les résultats de l'amélioration variétale sont toujours passés très facilement en milieu paysan : toutes les variétés recommandées par l'IRAT sont aujourd'hui largement cultivées. La production de semences sélectionnées de très bonne qualité a largement facilité cette expansion des nouvelles variétés.

Bien que les buts de la Section de Recherches Rizicoles aient été essentiellement l'amélioration variétale et la production de semences sélectionnées, les techniques culturales nécessaires à la réussite des variétés recommandées ont du être étudiées.

Dans le domaine particulier de la lutte contre les adventices, les problèmes posés par l'infestation de nombreuses rizières par les riz sauvages nous ont conduits à réaliser un certain nombre d'expérimentations malgré l'absence d'un chercheur spécialiste de cette discipline. Les résultats de ces travaux font l'objet du chapitre suivant.

2 - Défense des Cultures -

2.1. Malherbologie

Dans le domaine de la lutte contre les riz sauvages, les efforts ont été très importants malgré l'absence de personnel pouvant s'occuper uniquement de ces problèmes et le manque de moyens matériels.

2.1.1. Pour les zones de riziculture irriguée, un calendrier cultural a été mis au point qui permet de lutter efficacement contre les riz sauvages annuels et Ischaemum rugosum.

Les derniers résultats obtenus en 1973 montre :

- 1° - qu'une seule préirrigation bien réalisée suffit pour lutter contre les riz sauvages annuels (préirrigation abondante fin Mai),
- 2° - que la qualité des façons préparatoires : labour en particulier, est très importante ; la plus grande partie des graines d'adventices pouvant être éliminée de cette façon,
- 3° - que la rotation riz-légumineuse fourragère peut donner de très bons résultats dans la lutte contre les adventices,
- 4° - que l'utilisation de semences propres est un préalable à toute amélioration.

Tous les essais réalisés depuis le début de l'expérimentation montrent surtout qu'aucune amélioration sensible des rendements ne pourra arriver tant que le planage des parcelles ou leur subdivision en plus petits lots n'aura pas été réalisé et que l'irrigation continuera à être menée de façon anarchique.

2.1.2. Pour les zones de submersion contrôlée, 4 ans d'expérimentation de lutte contre les riz sauvage à rhizomes ont permis de formuler quelques recommandations :

2121 - Pour les Zones Hautes :

- Sableuses : emploi d'herbicide chimique Dalapon à 15 kg m.a./ha ou mieux, Dalapon 5 kg + Diuron à 3 kg m.a./ha (sous réserve des résultats des tests de phytotoxicité de 1974). Dilution 500 litres/ha. Traitement lorsque les repousses ont 30 cm de hauteur (suivi de jachère).
- Argileuses :
 - labour à 30 cm de profondeur en début de saison sèche immédiatement après la décrue. Répéter ce traitement deux années consécutives.
 - Traitement chimique en début de saison avant l'arrivée de la crue : uniquement si les repousses sont régulièrement développées.

2122 - Pour les Zones basses

- Faucardage pendant la crue suivi d'un labour de fin de cycle,
- Labour profond deux ans de suite,
- Eventuellement traitement chimique si les repousses sont développées de façon uniforme.

213 - Pour les zones à irrigation contrôlée (Office du Niger), les essais réalisés avec le mélange Dalapon + Diuron sont très satisfaisants. L'utilisation du Glyphosate, herbicide sans rémanence, devrait aussi donner de bons résultats et permettre la culture la même année. Deux années d'expérimentation supplémentaires seraient nécessaires pour donner des recommandations précises.

Il faut souligner que les paysans ne peuvent pas toujours bénéficier des résultats de la recherche en matière de lutte contre les adventices. En effet la réalisation de certains aménagements : planage, amélioration de l'irrigation et du drainage constitue un préalable indispensable. Ces travaux impliquent la mise en œuvre de matériels lourds dont peuvent seuls disposer les opérations ou les organismes de développement.

2.2. Entomologie

Dans le domaine de la lutte contre les insectes s'attaquant au riz, les recherches ont été très restreintes : elles ont permis cependant d'apporter des compléments à l'inventaire des parasites principaux du riz et d'expérimenter des moyens de lutte déjà confirmés.

En outre, un Ingénieur Malien après un premier contact d'un an à Mopti a suivi un stage de formation entomologique organisé par l'I.R.A.T. en France en 1973-74.

b. - AMELIORATION VARIETALE SORGHO - MIL - MAIS

Jusqu'en 1960 l'amélioration variétale sur les céréales de cultures sèches (mil, maïs, sorgho) était conduite sous le contrôle technique et scientifique du Centre Fédéral de Recherches Agronomiques de Bambey (Sénégal) et de l'Office du Niger (Mali). A partir de 1961, date de sa création, ce fut la Division de la Recherche Agronomique qui prit en charge ces expérimentations jusqu'à ce qu'elle les confie à l'I.R...T., en 1962 pour le Maïs, et en 1964 pour le Mil Pennisetum et le Sorgho.

1. - S O R G H O

11- Situation avant la prise en charge par l'I.R.A.T.

A ce moment l'objectif essentiel, pour des facilités de vulgarisation, (bonne acceptabilité des variétés par les cultivateurs) était l'amélioration des variétés locales pour la productivité sans modifier leurs autres caractéristiques et ceci dans les délais les plus courts possible.

De 1960 à 1963, 7 parcelles (dont 2 abandonnées pour insuffisance de personnel responsable) furent implantées, sous le contrôle du C.R.A. de Bambey, pour 1 cycle de sélection pédiogée massale dite de HARLAND sans autofécondation, soit 4 cultures successives :

1ère année : culture en mélange d'une vingtaine d'écotypes de la variété et choix de 50 plants.

2ème année : étude pédiogée avec choix des meilleurs plants dans les meilleures descendance.

3ème année : identique à la deuxième année.

4ème année : identique à la deuxième année. (La variabilité étant supposée épuisée la sélection est arrêtée à ce stade).

Les résultats furent les suivants en fin de sélection :

Lieu implantation Essai I	Rendement kg/ha meilleure descendance	Rendement population d'origine	Plus-value kg/ha	Améliora- tion %	Significa- tion Statistique
ioro 600 mm	2 980 (2)	1 820	1 160	64	T.H.S.*
égou 700 mm	2 290 (2)	1 700	590	31	H.S.
amanko 1100 mm	1 820 (4)	1 545	275	18	S
'Pesoba 900 mm	2 080 (2)	1 795	285	16	S
irakoro 1200 mm	1 130 (1)	950	180	19	H.S.

Les chiffres entre parenthèses indiquent le degré de la descendance où l'amélioration est apparue.

Nous signalerons qu'au Niger, dans la même période et avec la même méthode il était obtenu une amélioration de l'ordre de 50 % sur l'une des populations traitées mais elle n'a été constatée qu'une seule année.

T.H.S. : Très hautement significatif

12- Sélections depuis 1964

Il a été prévu dès le début des travaux de mettre sur pied un double programme :

- le premier, à court terme, reprenant les mêmes objectifs que pendant la période précédente et permettant d'obtenir rapidement sur du matériel local des améliorations sans doute modestes, mais tout de même appréciables,
- le second à moyen et long terme, en vue d'obtenir un matériel végétal à haute potentialité à utiliser dans le cadre d'une agriculture plus évoluée (particulièrement travail du sol et fertilisation).

En plus des caractères d'adaptation à l'écologie et des qualités de grain des variétés locales, on recherche un cycle plus court pour échapper aux aléas climatiques de fin de saison et une tige courte pour améliorer le rapport paille/grain.

En fonction de ces deux optiques, les méthodes de sélection employées sont différentes :

- à court terme : poursuite des sélections sur variétés locales par des méthodes pédigrées-massales avec ou sans autofécondation,
- à long terme : croisements entre variétés complémentaires et extraction de lignées intéressantes dans la descendance.

Toujours dans cette même optique quelques travaux ont aussi été consacrés :

- aux introductions de matériel sélectionné dans d'autres pays.
- à l'exploitation de l'hétérosis (hybrides F_1)

121 - Sélections sur variétés locales :

Dès la prise en charge du programme au Mali en 1964 et après avoir demandé à plusieurs régions la fourniture d'écotypes de diverses populations, 14 parcelles de sélections furent installées en 1965 :

- 5 durent être abandonnées (trop tardives, attaquées par contarinia ou inadaptées aux conditions de Bamako)
- 9 furent suivies jusqu'en 1966
- 6 furent conduites à terme.

Ces sélections furent conduites selon la méthode pédigrée-massale dite "de HARLAND" avec toutefois utilisation de l'autofécondation à partir de 1967.

Les résultats les plus marquants furent les suivants :

Population	Rendements kg/ha		Amélioration %	Cycle floraison	
	Descendance sélectionnée	Population d'origine			
SH 1	1966	2 440	2 300	6,0	93 j.
	1967	2 170	2 172	0,0	
	1968	2 510	2 377	6 et 13 %	
SH 2	1966	2 310	2 140	7,9	91 j.
	1967	2 190	1 910	14,6	
	1968	2 590	2 770	0,0	
SH 11	1966	2 220	2 000	11,1	74 j.
	1967	dégâts	d'oiseaux		
	1968	1 930	1 535	26,0	
SH 3	1966	2 650	2 395	11,1	110 j.

- pour la SH 1, les résultats 1968 proviennent de deux essais comparatifs.
- Pour la SH 11, il s'agit du résultat obtenu avec la deuxième descendance qui n'avait pu être testée valablement en 1967.

On peut faire les remarques suivantes :

- 4 populations sur 9 ont accusé en cours de sélection une amélioration statistiquement significative à une étape où à une autre ; 4 autres ont montré des améliorations moins nettes sur le plan statistique.
- les améliorations paraissent moins nettes qu'entre 1960 et 63, toutefois il s'agit là du mélange des descendance retenues alors qu'en 1960-63 il s'agissait du meilleur résultat qui est de ce fait très difficile à reproduire.
- les améliorations sont variables d'une année à l'autre ; ce phénomène est malheureusement très fréquent et est dû aux difficultés d'expérimentation ainsi qu'à l'interaction du génotype avec le milieu très fluctuant.

A noter aussi qu'à KOGONI, des tests d'écotypes des populations Nanganié et Gadiaba (des régions de Nara et Nioro du Sahel) montrent la supériorité de certains de ceux-ci. Mais elle ne devait pas se maintenir par la suite.

122 - Sélections par Hybridation et Etude des descendance

1221 - OBJECTIFS : contrairement aux sélections sur variétés locales il s'agit de rechercher des variétés très différentes de celles habituellement cultivées dans la région. En fait cette nouveauté ne nuit aucunement à la diffusion car le vulgarisateur et le paysan les distinguent très bien, ce qui n'est pas le cas des variétés traditionnelles améliorées, et ils sont en mesure d'apprécier très vite les qualités de ces nouvelles variétés.

Les objectifs recherchés comportent les anciens objectifs :

- bonne adaptation au climat, au sol, au parasitisme.
- bonne qualité de grain.

avec en plus :

- une capacité de rendement beaucoup plus élevée dès que les conditions sont favorables (bonne réponse à la fertilisation azotée, aux travaux du sol, à une augmentation de la densité).
- une tige de hauteur réduite qui améliore la résistance à la verse et surtout diminue la production de paille par rapport à celle du grain (économie d'éléments minéraux).
- la résistance à la sécheresse qui est déjà très bonne ne pourrait être étudiée efficacement que par une équipe spécialisée comprenant au moins un physiologiste et un sélectionneur.

1222 - METHODE :

Elle consiste à croiser artificiellement entre eux deux parents à caractère complémentaires.

On commence à faire des choix de pieds dans la descendance dès la F_2 , pour les caractères morphologiques qui ne sont pas trop influencés par le milieu. En F_5 ou F_6 les lignées sont suffisamment homogènes pour débiter les tests de productivité.

A noter que le sorgho étant partiellement allogame il est nécessaire de travailler avec autofécondation forcée.

1223 - CHOIX DES GENITEURS.

La plupart des croisements réalisés jusqu'à maintenant font appel à un parent local et un parent introduit mais ceci n'est pas une obligation absolue.

On recherche :

- chez le parent local : une bonne adaptation et de bonnes qualités de grain (surtout vitrosité).
- chez le parent introduit ; une tige courte, un cycle souvent plus court et quelques autres caractères moins importants.

C'est en fait ce choix des parents qui conditionne en grande partie les résultats qu'on obtient.

1224 - TRAVAUX EFFECTUES et RESULTATS.

Ces travaux ont commencé en 1964 (série SB 64-96) par des croisements réalisés à SOTUBA et en Haute-Volta entre CK₆₀ et des variétés locales de type guineensia.

En 1968 ces lignées ont donné les résultats suivantes :

	!Cycle !semie- !florai- !son	!Hauteur	!Vitro- !sité	Rendement kg/ha				
				1968	1969	1970	1972	1973
8 64-96-12-6A	80 j.	190	2-3	2400	1200	1900	2100	éliminée
8 64-96-12-7A	80 j.	190	2	2200	1200	2700	2500	2200
8 64-96-12-3A	75 j.	100	2	1550	éliminée	éliminée	éliminée	éliminée
8 64-96-12-5A	75 j.	80	2	1300	éliminée	éliminée	éliminée	éliminée

D'autres lignées de la même série continuent à être testées avec des résultats au moins aussi bons en 1973 à SOTUBA.

- SB 64-96-10 = 3.270 kg/ha
- " 13 = 2.800 kg/ha
- " 9 = 2.500 kg/ha
- " 12-7A = 2.230 kg/ha (témoin)

En 1966 d'autres croisements ont été introduits de BAMBCY et les sélections réalisées à SOTUBA puis à KOGONI ont fourni des résultats remarquables en 1973.

- SB 66 - N° 47-10 6.600 kg/ha
- " - N° 17 6.500 "
- " - N° 47- 6 6.500 "
- " - N° 47-13 6.400 "
- " - N° 44 6.200 "
- " - N° 46-18 5.000 "
- " - N° 46-17 4.700 "
- " - N° 46-13 4.400 "
- " - N° 12-7A (témoin) 4.100 "

Les cinq premières lignées sont significativement supérieures à toutes les autres.

De tels résultats n'avaient jamais été enregistrés. Jusqu'ici c'était la variété CE 90 du Sénégal qui avait été la plus productive : 6.200 kg/ha en 1972.

Ces dernières années d'autres séries de croisements ont été réalisées à SOTUBA entre des variétés introduites (CE 90, P.147, etc...) et des variétés locales de type guineensia (SH 1, SH 2, Gnofing, etc...) ou durra (Gadiaba, Manganié).

Les lignées SB 66 naines ont aussi été utilisées cette année en croisement.

123) Introductions - Essais coopératifs

Les objectifs définis dans le programme à moyen et long terme sont identiques ou tout au moins très voisins de ceux adoptés dans les autres pays de l'Afrique de l'Ouest. Il ne reste qu'à vérifier l'adaptation des variétés sélectionnées dans ces pays, c'est pourquoi de nombreuses introductions sont faites du Sénégal, de la Haute-Volta, du Niger et même de la collection mondiale des Indes.

C'est aussi pourquoi l'agence du Mali participe aux essais coopératifs de l'IRAT et du PC 26.

Dès 1968 ont été introduites de la collection mondiale via le Nigéria des lignées fixées intéressantes pour certains caractères mais non vulgarisables directement.

	Cycle floraison	Hauteur	Rendement	Vitrosité
IS 956	74 j.	286 cm	2 700 kg/ha	2
IS 9178	74 j.	170 cm	1 800 kg/ha	2

A partir de 1971-72, de nombreuses introductions de lignées sélectionnées furent faites surtout en provenance de l'IRAT/SENEGAL mettant l'accent sur la recherche de sorgho $\frac{1}{2}$ tardifs (110 - 120 jours) à précoces (100 - 110 jours) et sur la recherche d'un raccourcissement de la paille.

C'est surtout à la Station de KOGONI que ces sorghos purent extérioriser tout leur potentiel productif (irrigation complémentaire, absence de parasitisme, sols fertiles).

Exemple : essai de 1972 à KOGONI.

CE 90 (Sénégal)	6.200 kg/ha
137-62 x Jan Jaré (Niger)	5.900 "
68-25 (Sénégal)	5.900 "
12-6A (Mali)	5.700 "
12-7A (Mali)	5.700 "
137-62 (Niger)	5.400 "

Pour les variétés précoces courtes, de bonnes performances ont été obtenues également à SOTUBA (1973) :

C 93-57 (Hybride US)	3.800 kg/ha
Naga White (Ghana)	3.400 "
137-62 x J.J. (Niger)	3.000 "
137-62 (Niger)	2.500 "

En ce qui concerne les variétés demi-tardives courtes de bons résultats furent enregistrés à SOTUBA en 1973.

Exemple :

NK 300 (Hybride US)	3.200 kg/ha
12-7A (Mali)	2.500 "
SB 66 -44 (Mali)	2.200 "
137-62 (Niger)	2.100 "
SB 66-17 (Mali)	1.900 "

A KOULIKORO également :

12-7A	2.400 kg/ha
SB 66-17	2.400 "
NK 300	2.300 "
137-62	2.000 "
SB 66-44	2.000 "

Ces variétés sont un peu plus précoces que la variété locale.

En 1974 sont introduites des sélections de sorghos dunaires du Niger qui sont observées dans le SENO sur sol très sableux.

124) HYBRIDES F1

Bien qu'il n'existe pas encore de service semencier suffisamment structuré, il est intéressant d'étudier les performances des hybrides F1 utilisant l'hétérosis maximum pour être en mesure de proposer quelques bonnes formules le jour où on nous le demandera.

A ce sujet il faut noter l'introduction de l'hybride américain Northrup King 300 (N.K. 300 synonyme de C 9357) qui est utilisé dans les essais comme témoin de productivité et qui donne de très bons résultats (cf. tableaux précédents).

D'autres hybrides originaires du SENEGAL sont testés en 1974 à KOGONI.

13 - TABLEAU RECAPITULATIF des VARIETES VULGARISABLES (extrait de la fiche technique n° 001 STA/AMS Août 1972).

VARIETES	ORIGINE	CYCLE MATURITE	HAUTEUR	Rdt MOYEN	Zone de CULTURE
CE.90 (71)	SENEGAL	105 j.	1,60 cm	3.500	500. 800 mm
137-62 (71)	NIGER	110 j.	1,90 cm	2.900	500. 800 mm
137-62 x J.J. (71)	NIGER	110 j.	1,90 cm	3.000	500. 800 mm
SH 11. D ₁ (64)	BANDAGIARA	110 j.	3,30 cm	2.200	500. 800 mm
LAKAHIRI -(68)	NIORO	120 j.	3,60 cm	2.000	500. 800 mm
GADIABA (68)	NARA	120 j.	3,60 cm	2.700	500. 800 mm
SB. 64.96.12.7A (67)	MALI	120 j.	2,30 cm	3.000	500. 800 mm
S H 1. D ₃ (64)	BAMAKO	135 j.	3,70 cm	2.000	800.1100 mm
S H 2. D ₂ (64)	KOULIKORO	135 j.	3,70 cm	2.200	800.1100 mm
TIEMARI FING (64)	M'PESOPA	135 j.	3,80 cm	2.400	800.1100 mm
GNOFING (70) /	Hte-VOLTA	140 j.	4,00 cm	2.800	800.1100 mm
TIOADI (71)	Hte-VOLTA	140 j.	4,00 cm	2.500	800.1100 mm
MANGANIE - 1 (68)	NIORO	155 j.	3,80 cm	2.000	500. 800 mm
MANGANIE - 2 (68)	NARA	155 j.	3,80 cm	2.000	500. 800 mm

Les chiffres entre parenthèses indiquent les années d'introduction des variétés et populations (début d'observation et de test).

Il faut noter que la gamme des variétés courtes va s'accroître très rapidement à la suite des tests des lignées SB 66 (KOGONI) et des introductions du SENEGAL et du NIGER.

14 - C O N C L U S I O N

Bien que la liste des variétés proposées à la vulgarisation soit assez longue, on ne peut que regretter le peu de diffusion qui en a été faite alors que des semences élites ont été fournies chaque année.

Il faut toutefois reconnaître que si les variétés locales sélectionnées apportent une amélioration, celle-ci est difficile à mettre en évidence surtout en essais multilocaux et que de ce fait le paysan n'est pas très enclin à changer ses semences. Cette situation devrait rapidement changer grâce à l'arrivée sur le marché des lignées issues des programmes à moyen et long terme ; il y en a déjà 4 et ce nombre s'accroîtra rapidement, en particulier, grâce à la collaboration entre tous les sélectionneurs de l'Afrique tropicale sèche.

On peut aussi espérer que d'ici peu un service semencier structuré et autonome pourra être mis sur pied, ce qui permettra la production de semence hybride à un échelon modeste au début mais tout de même psychologiquement très important car il autorise une agriculture réellement intensive.

2. - MIL PENNISETUM.-

21 - SITUATION AVANT LA PRISE EN CHARGE PAR L'IRAT (1964)

Une seule méthode inspirée de celle mise au point à BAMBEY de 1950 à 1957 a été utilisée, il s'agit de la sélection par la méthode LARROQUE : "Caractères associés".

Le principe en est que dans une population donnée il peut exister un certain nombre de caractères morphologiques liés entre eux et en particulier avec le rendement.

Cette étude est faite sur 600 plants et on ne conserve que les meilleurs et cela pendant 4 ans.

Cette méthode fut appliquée sur une seule population entre 1962 et 1964 mais fut arrêtée après deux ans. Une amélioration de 16 % fut constatée sur la première descendance (1.445 kg/ha contre 1.245 kg/ha).

22 - TRAVAUX ET RESULTATS DEPUIS 1964.

On peut distinguer deux orientations :

- méthodes permettant d'améliorer les populations locales sur elles-mêmes :

- sélection pédigrée-massale de HARLAND.
- sélection d'écotypes.
- sélection récurrente avec test des top-cross.
- sélection récurrente avec test S_1 .

- Méthodes permettant de modifier le type variétal :

- introductions.
- hybrides intervariétaux
- obtention de populations naines.

221- Sélection pédigrée - massale de HARLAND.

Cette méthode est identique à celle décrite pour le sorgho et a été appliquée dès 1965 sur 11 populations provenant de diverses régions du MALI. Dès 1967, le programme ayant été jugé trop vaste, la sélection fut arrêtée pour 4 d'entre elles, toutes hâtives, provenant de la boucle du NIGER.

Le tableau ci-après regroupe les résultats de 4 des sélections tardives réalisées à SOTUBA.

Populations	Rendement kg/ha		Amélioration en %	Cycle floraison
	Origine	Descendance		
M 5 1966	2 090	2 170	3,8	103
1967	dégâts	d'oiseaux	0	
1968	2 050	1 915		
M 8 1966	1 790	2 060	13,6	120
1967	dégâts	d'oiseaux		
1968	1 625	1 695	4,3	
M 9 1966	1 910	1 930	1	103
1967	840	890	5,6	
1968	1 775	1 775	0	
M 10 1966	2 700	2 810	4	103
1967	1 275	1 395	9,4	
1968	1 405	1 495	6,5	

Le témoin moyen = population d'origine est multiplié chaque année.

Les populations ainsi obtenues ne montrent pas d'amélioration significative et seront reprises plus tard avec une autre méthode.

222) Sélection d'écotypes

Celle-ci consiste à collecter un nombre important d'écotypes de chaque variété et à les comparer (3 répétitions) à un témoin constitué par le mélange des écotypes. Chaque année on élimine les écotypes les plus médiocres et en fin de sélection on mélange les meilleurs.

Elle fut entreprise à partir de 1966 à KOGONI sur 4 population du SENO mais des difficultés ont gêné sa bonne réalisation (sol trop argileux, difficultés d'irrigation, rats).

Cette sélection a été reprise en 1969 sur le point d'appui du SENO mais la variabilité due au terrain a été beaucoup trop forte pour faire des choix valables ; toutefois ces quatre populations (NBB, NBK, NKB et NKK) ont été conservées car elles sont intéressantes en elles-mêmes, tout comme M₂ D₂.

223 - Sélection récurrente avec test des top-cross.

Dans chaque population des plants sont choisis : on autoféconde une tige pour conserver le stock génétique de chaque pied et les autres sont laissées en pollinisation libre et donc croisées avec l'ensemble de la population (top-cross). Après essai comparatif on mélange la semence autofécondée des meilleures origines pour obtenir une population synthétique.

En 1972 10 top-cross de chacune des 4 populations (M5 - M8 - M9 et M10) ont été comparés à la population M9. Aucun top-cross n'a été statistiquement supérieur et cette sélection a été abandonnée. On avait pourtant enregistré de nettes différences dans chaque essai.

	M 5	M 8	M 9	M 10
Meilleur top-cross	1.595 kg/ha	2.143 kg/ha	1.938 kg/ha	1.433 kg/ha
Témoin (M9)	1.276 kg/ha	1.676 kg/ha	1.448 kg/ha	1.195 kg/ha

224 - Sélection récurrente avec test S1

On teste directement les semences autofécondées une fois et on recombine les meilleures pour obtenir la population synthétique.

Les autofécondations ont eu lieu en 1973 sur deux variétés tardives déjà améliorées (M5 et M9) et sur deux variétés précoces (M2 D2 et NKK-DA).

Le test des S1 tardives est fait en 1974 à SOTUBA, et celui des S1 précoces au P.A.R. du SENO.

225 - Introductions :

C'est la voie la plus facile pour modifier le type variétal mais le mil est très sensible à de faibles différences de cycle par rapport aux variétés locales (parasitisme très important sur épi) de sorte que les introductions de variétés précoces du SENEGAL et du NIGER ont été des échecs (1.500 kg/ha contre 1.900 kg/ha pour la variété locale au SENO en 1973).

Parmi les variétés tardives seul le mil de SEFA a donné quelques résultats intéressants (1.940 kg/ha à SIKASSO en 1973 contre 1.000 à 1.500 kg/ha pour les sélections du MALI et 890 kg/ha pour la variété locale) mais cette variété a des grains trop petits pour le consommateur malien.

226 - Hybrides intervariétaux

Par croisement entre deux variétés on essaie d'associer les caractères complémentaires favorables.

Des croisements entre mil précoce et mil tardif ont été réalisés (NBB x M9. DA.1 et 2) pour améliorer la longueur de chandelle de M9.

Un autre, suivi d'un back-cross, entre 2 mils précoces M₂ D₂ et NBB vise à améliorer la compacité d'épi de NBB.

Il est encore trop tôt pour en connaître les résultats.

227 - Obtention de populations naines

Un des objectifs actuels très répandu, pour ne pas dire à la mode, est la transformation radicale du type de plante du Mil pour en faire une céréale qui ne soit pas d'abord productrice de paille au détriment du grain et qui permette une transformation complète des techniques culturales (agriculture intensive).

Grace à l'utilisation du gène de nanisme D2 on aboutit effectivement à une plante très courte qui peut être cultivée à forte densité (40 à 60.000 poquets/ha) comme le montrent les variétés déjà obtenues au SENEGAL et au NICER.

Les croisements entrepris depuis 1971 à SOTUBA ont dû être abandonnés car la souche naine n'était pas suffisamment pure. En 1974 une souche pure réintroduite de "nain $\frac{1}{2}$ Souma" est croisée avec les variétés maliennes M9 et NBB x M₂ D₂ - BC.

23 - LISTE des VARIETES VULGARISABLES.

(extrait de la fiche technique n° 001/STA-AMS de Août 1972)

VARIETES	ORIGINE	CYCLE TOTAL	HAUTEUR DE TIGE	RENDEMENT MOYEN	ZONE DE CULTURE
M ₂ D ₂	GOUNDAM	110 j.	2,50 m	1.500 kg	400-600 mm
M9 D ₂	KOULIKORO	145 j.	4 m	2.300 kg	800-1100 mm
M5 D3	YOROSSO	150 j.	4 à 5 m	2.000 kg	1100-1400 mm
M ₁₂ D ₁	SIRAKORO	150 j.	4 à 5 m	2.100 kg	1100-1400 mm

24 - C O N C L U S I O N

Les variétés qui sont proposés à la vulgarisation apportent des améliorations modestes qui peuvent paraître insuffisantes ; il faut toutefois remarquer qu'elles sont du même ordre de grandeur que celles apportées par le SOUNA 2 et 3 au SENEGAL et le P₃ KOLO au NIGER.

Cela est dû au fait que le mil encore plus que le maïs, est une plante difficile à sélectionner sous forme de population ; il n'y a d'ailleurs aucun exemple dans le monde de population améliorée dépassant de plus de 15 ou 20 % sur plusieurs années la population d'origine.

Contrairement au cas du maïs on ne trouve que très rarement des introductions directement utilisables à cause du parasitisme.

Dans ces conditions deux voies paraissent particulièrement intéressantes et sont déjà exploitées aux INDES, ce sont celles du changement complet de type de plante (nanisme) et celle de l'utilisation de l'hétérosis (hybride F₁) avec ou sans nanisme.

3. - M A I S

31 - GENERALITES SUR LA CULTURE DU MAIS AU MALI

Les superficies couvertes par le Maïs sont estimées approximativement à 150 000 hectares alors que celles cultivées en Mil Pennisetum et Sorgho seraient de l'ordre de 1,5 million d'hectares au moins.

Compte tenu de la modicité de ses moyens, en personnel spécialisé notamment, de la dispersion de ses structures, des priorités à respecter, l'IRAT a consacré peu d'efforts à cette plante dont la culture se pratique :

- en saison des pluies autour des cases ou, non loin des villages, sur les emplacements fumés des parcs ;
- en saison sèche sur terres de décrue ; les superficies qu'elle occuperait dans le seul bassin du fleuve Sénégal (lacs, mares vallée du fleuve et celles de ses affluents de droite) seraient de l'ordre de 25 000 hectares.

Les variétés cultivées ont des cycles végétatifs allant de 70 jours (maïs de soudure) à plus de 100 jours. Le grain peut être de couleur blanche, jaune, rousse, violette.

Les rendements en milieu paysan varient de 600 à 1 000 kg/ha.

32 - PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT

L'intérêt du développement de la culture du maïs a été soulevé lors du Comité National de la Recherche Agronomique tenu en avril 1969 à BAMAKO.

Dans le cadre du programme des recherches nationales, l'IRAT/MALI a proposé la reprise d'une expérimentation antérieure modeste ainsi que la participation aux essais coordonnés I.R.A.T. et PC 26.

Dans le cadre du programme des recherches pour la vallée du SENEGAL (OERS/FAO/IRAT), il a été également prévu une action sur cette espèce.

Signalons également, qu'un projet de développement d'une culture intensifiée a été présenté par la Direction des Industries ; ce projet prévoit toutes les possibilités d'exploitation industrielle. Il doit être considéré comme très prématuré, pour le moment, faute de bases solides, en particulier l'existence de systèmes de production suffisamment intensifiés.

Compte tenu :

- de l'intérêt de cette espèce d'abord sur le plan de l'alimentation ;
- des possibilités agronomiques qu'elle offre (très bonne réponse aux engrais, intégration bénéfique dans les rotations avec des plantes industrielles, possibilité de labour de fin de cycle) ;
- des difficultés rencontrées pour l'intensification de la production des autres céréales de culture sèche ;
- de la mission de notre institut,

il est logique de consacrer à cette espèce beaucoup plus d'efforts que cela ne l'a été fait jusqu'à maintenant.

Les facteurs limitants, dans les zones où la pluviométrie autoriserait la culture, sont :

- la pauvreté du sol ;
- les ennemis des cultures (singes en particulier) ;
- la difficulté de la transformation en farine par un pilonnage traditionnel très pénible. Ce dernier facteur a plus d'importance qu'on ne pourrait le penser à priori. Le moulin n'existe pas au MALI.

Zones possibles d'intervention

En fonction :

- de l'état actuel de l'agriculture locale ;
- et malgré des connaissances limitées que nous avons de cette espèce et de sa culture au MALI, deux zones d'interventions sembleraient justifier une action prioritaire, pour les cultures de décrue, la Vallée du Sénégal et celle de ses affluents de droite avec l'avantage de la présence de structures d'expérimentation et de sols relativement riches. Pour la culture d'hivernage la zone CFDT où s'est amorcée la fixation d'une agriculture grâce à un encadrement serré, à l'emploi de la culture attelée et de la fumure minérale sur cotonnier dont l'arrière action, conjuguée aux effets de la fumure organique, provoque une augmentation sensible des rendements de la céréale qui suit.

33 - TRAVAUX REALISES AVANT 1962.

Avant l'intervention de l'I.R.A.T. au MALI (1962) et la création de la cellule Mil Maïs Sorgho (1964) une expérimentation entreprise, en 1961, par J. LE CONTE avait donné des résultats très intéressants.

Il s'agissait d'hybrides intervariétaux 3/4 locaux (croisement entre 11 hybrides introduits des USA et d'ISRAEL et la meilleure variété de M'Pesoba "Zangucrini" avec un recroisement sur Zanguerini).

Ces maïs ont été testés en génération avancée au cours des années 1963 et 1964. Les résultats de ces deux années ont été concordants et ont montré une très large et significative avance des formes 3/4 locales sur la forme Zanguerini de départ (méthode des Blocs, 8 répétitions), en moyenne, de l'ordre de 40 %.

Parmi ces hybrides intervariétaux, quatre se sont montrés particulièrement productifs, à savoir :

- Israël 6 232 x Zang 2 ;
- Israël 7 102 x Zang 2 ;
- U.S.9 x Zang 2 ;
- U.S. 13 x Zang 2.

Malheureusement ces augmentations de rendement se sont évanouies depuis 1968.

34 - TRAVAUX REALISES DEPUIS 1964.

Le programme de 1969 envisage la reprise des travaux à leur point de départ puisque les souches améliorées ont disparu.

En 1969, les $\frac{1}{2}$ locaux ont été créés à nouveau, et en 1970 les $\frac{3}{4}$ locaux ont été reconstitués par un retrocroisement sur le parent mâle local. Les essais comparatifs réalisés en 1972 confirment la valeur de ces $\frac{3}{4}$ locaux et l'intérêt d'améliorer les meilleurs locaux, qui présentent au départ un niveau de productivité élevée, en les croisant avec des maïs étrangers testés au préalable pour leur bonne adaptation aux conditions maliennes.

A titre indicatif - l'essai de 1972 a donné les résultats suivants :

1/4 IS 6505	4.050 kg/ha
Tiémanlié (local malien)	3.900 "
BDS	3.700 "
1/4 IS 62-32	3.600 "
1/4 IS 71-02	3.600 "
CJB	3.300 "
1/4 US 9	2.500 "
1/4 US 13	2.100 "

L'essai est significatif, mais les six premiers résultats ne diffèrent pas statistiquement entre eux (cv = 17 %).

D'autres essais groupant des introductions du Sénégal et de Haute-Volta soulignent la valeur des hybrides complexes de CASAMANCE.

Exemple :

BDS (S)	5.900 kg/ha
JDS (S)	5.500 "
Koriba (HV)	5.200 "
P3 KOLO (Niger)	5.100 "
MASSAYOMBA (HV)	5.100 "
Tiémanlié	5.000 "

Ces six maïs ne sont pas statistiquement différents. L'essai coopératif PC 26 de 1972 montre la valeur de certaines

introductions du NIGERIA, qui sont toutefois inférieures au BDS.

En 1972 a débuté la sélection en vue de la création d'un composite sur 9 variétés originaires de SIKASSO et 5 variétés originaires d'URSS.

Le dernier brassage doit avoir lieu en 1974.

Les épreuves de rendement réalisées en 1973 montrent que les résultats fournis par les maïs 3/4 locaux sont moins bons qu'en 1972.

BDS	3.900 kg/ha
1/4 IS 62-32	3.700 "
Tiémantié	3.600 "
1/4 IS 65-05	3.200 "
1/4 US 9	3.200 "
1/4 US 13	3.000 "
1/4 IS 71-02	2.700 "
C.M.1	2.400 "

Sur l'ensemble des essais c'est la variété 1/4 IS 62-32 qui est la plus régulière.

L'essai régional inter-agences IRAT à SOTUBA en 1973 a montré à nouveau la supériorité de BDS avec 4.000 kg/ha.

Dans le proche avenir il est prévu de s'orienter vers une exploitation plus ou moins complète de l'hétérosis :

- création d'hybrides complexes du type BDS mais en utilisant comme parent africain une variété malienne.
- création d'hybrides intervariétaux utilisables en F1 ou même en générations avancées.

35 - VARIETES PROPOSEES A LA VULGARISATION

(Extrait de la fiche technique n° 001/STA-AM3 de Août 1972)

VARIETES	ORIGINE	CYCLE TOTAL	HAUTEUR MOYENNE	RENDEMENT MOYEN	ZONE DE CULTURE
TIEMANTIE	Gambara	100 j.	2,20 m	3.500	900-1.400 mm
C J B	Côte d'Ivoire	98 j.	2,30 m	3.500	900-1.400 mm

On pourrait ajouter BDS (Rendement moyen 4.000 kg/ha) mais s'agissant d'un hybride, il faudra produire et distribuer la semence tous les ans.

4. - A R A C H I D E

NOTE LIMINAIRE

C'est en 1968 seulement que l'IRAT a la responsabilité de la section des "plantes oléagineuses annuelles". Depuis 1972, le programme bien que demeurant confié à l'I.R.A.T. pour la gestion, est pris en charge sur le plan de la conception par l'I.R.H.O. Un agent de cet institut est en poste à Katibougou.

4.1. Amélioration de l'Arachide

4.1.1. Variétés tardives

La variété d'orac h i d e tardive 28-206 originaire du MALI et sélectionnée à Bambe y n'a pratiquement jamais été surclassée dans son pays d'origine. Les rendements moyens sont de 2 t/ha à Katibougou et varient entre 1,5 t/ha et 2 t/ha à Kita et Samé.

Au cours des deux dernières années, particulièrement déficitaires pour la pluviométrie, on a pu constater l'intérêt de la 59-127, variété à cycle long et port érigé, résistante à la sécheresse sélectionnée par l'IRAT au Sénégal. La plus value de rendement enregistrée par rapport à la 28-206 est environ de 17 % en 1972 et 1973. Cette variété pourrait trouver sa place dans les zones où la 28-206 souffre fréquemment de période de sécheresse, mais où la pluviométrie reste malgré tout assez élevée. Un programme de multiplication de cette variété a démarré en 1974 avec l'accord de l'Opération arachide.

4.1.2. - Variétés résistantes à la rosette

Les expérimentations réalisées avant 1971 dans les zones fortement atteintes par la rosette ont permis de retenir la 56-233 qui alliait résistance à la maladie et bonne productivité.

En 1971, de nouvelles variétés ont été introduites, en particulier le 28-206 RR dont le rendement a été trouvé équivalent à la variété de base 28-206 en l'absence ou sous faible attaque de la maladie. Ces qualités sont à confirmer.

En 1973, des variétés originaires de la Station IRHO de Niangoloko en Haute-Volta ont été introduites. On citera pour les tardives RMP 12 - RMP 89 - RMP 91 et pour les hâtives 149 A. Ces variétés, dont le bon comportement a été observé en Haute-Volta, seront évaluées au Mali dans les zones où la propagation de la maladie par le puceron a été observée.

4.1.3. - Variétés hâtives

Les travaux sur ces variétés sont généralement conduits dans les régions moins arrosées. En effet, en raison de leur cycle, les variétés hâtives pourront être considérées comme bien adaptées à la sécheresse. Ainsi la variété 55-437 originaire de Bambe y à cycle court présente de bonne qualité de résistance à la sécheresse.

Les variétés hâtives présentent également un intérêt dans l'optique de la confiserie. La variété 47-10 s'est révélée comme très intéressante (rendement de 2 t/ha de gousses en moyenne).

Les essais conduits à SAME mettent en évidence la supériorité des trois variétés suivantes : 47-21, 55-70, et 47-10. A Katibougou, deux variétés originaires de Haute-Volta ont un bon comportement : 90 de SARIA et TE 3.

De Haute-Volta ont également été introduites en 1973 des variétés hâtives de bouche. Les premiers essais conduits à Katibougou, San, Tominian et au Seno, mettent en évidence l'intérêt de deux variétés A 124 B et 424 A dont les rendements sont équivalents à ceux de la 47-10 (1,5 et 2 T/ha gousses).

4.2. Mise au point de différentes Techniques

4.2.1. - Fongicides

Divers fongicides ont été testés. Les premiers résultats mettent en évidence la supériorité des produits contenant du vitavax sur les produits actuellement utilisés à base de TMTD (Thirame).

4.2.2. - Herbicides

Trois herbicides ont été testés en 1973.

Gésaten	1,5 kg/ha	Prométryne + Amétryne
Balan	4 l/ha	Benflurahuil
Cobex	1,5 l/ha	Diéthamine

Ces produits, dont les effets sont identiques (léger avantage au Cobex) épargnent un sarclage manuel et autorisent le recul de la date du premier sarclage de 30 jours. Leur utilisation permet de faire sauter le goulot d'étranglement constitué par la pointe des travaux du premier sarclage. L'intérêt est certain pour les cultivateurs ayant de grandes surfaces en arachide. Aucun effet phytotoxique n'a été observé sur les arachides aux doses appliquées. Il y aurait lieu de vérifier la toxicité résiduelle sur la culture suivante.

4.2.3. - Régulateurs de croissance

Un régulateur de croissance d'origine américaine, Acide N-Diméthylamine - succinamique (Alar 85) a été expérimenté pour la première fois au Mali en 1973.

En limitant le développement du feuillage (action sur la taille des cellules), il semble possible d'augmenter la densité de semis. Les premières conclusions sont encourageantes avec des augmentations de rendement intéressantes et des gains sont même observés sans accroissement de densité. Toutefois, ces résultats méritent d'être confirmés.

Le tableau qui suit résume les premiers résultats -

Rendement gousses en kg/ha

	Sans régulateur		Avec régulateur (Alar)	
	110.000 p/ha	160.000 p/ha	110.000 p/ha	160.000 p/ha
Densité				
Variété 28.206	2.160	2.450	2.670 x <u>23,6%</u>	2.810 x 14,7%
Densité	160.000 p/ha	220.000 p/ha	160.000 p/ha	220.000 p/ha
Variété 47-10	1.870	1.810	2.060 ^x 13,6%	2.270 x <u>25,4%</u>

x Traitements significatifs

Les gains dus à l'action du régulateur de croissance varient entre 15 et 25 %. Ces expérimentations seront poursuivies en s'attachant à l'aspect économique.

4.3. Les multiplications de semences des variétés vulgarisées

Le tableau qui suit fait état des caractéristiques des trois variétés proposées actuellement à la vulgarisation :

VARIETES	CYCLE	ZONES	Densité au semis p/ha	Rendement moyen gousses/ha avec fumure vulgarisée (65 kg Super simple 21%)
28-206	120 j.	700-900 mm	110.000 p	2.000 à 2.300 kg/ha
59-127	120 j.	600-800 mm	110.000 p	2.100 à 2.400 kg/ha
47-10	90 j.	600-700 mm	150.000 p	1.700 à 2.000 kg/ha

Les démarcations entre les zones correspondant aux trois variétés sont liées à la hauteur pluviométrique moyenne. Ces limites pourraient être précisées en poursuivant une expérimentation multilocale et pluriannuelle d'évaluation des variétés. Cependant, cette étude ne présenterait qu'un intérêt limité.

L'appui à l'Opération Arachide pour la multiplication des semences se résume en trois actions :

4.3.1. - Sélection de pieds de cuve et production d'Elites I

Ce travail est réalisé depuis 1972 sur la variété 47-10 (zone de Ségou et Mourdiah) et depuis 1973 sur la 28-206 pour les Elites I. Il sera poursuivi maintenant chaque année.

4.3.2. - Contrôle techniques des multiplications des Elites des variétés cultivées par l'Opération

- Contrôle au champ pour s'assurer des bonnes conditions de multiplication et de la pureté variétale.
- Contrôle précoce au laboratoire pour déterminer la viabilité des embryons (test au tetrazolium) afin d'éliminer rapidement les lots de mauvaise qualité et ne retenir que ceux de bonne valeur culturale. Une cinquantaine d'analyses ont ainsi été réalisées chaque année.

4.3.3. - Contrôle de l'incidence de l'opération Arachide sur la qualité de la production d'arachide d'huilerie par la mesure de la pureté variétale des lots prélevés sur les points d'achats.

0. - PROGRAMMES ANNEXES

1. - B L E

11 - Inventaire des travaux

Les travaux sur le blé au Mali sont relativement récents. Le rapport annuel pour 1959-60, du Service des recherches de l'Office du Niger, fait état de collection de blés tendres et de blés durs, observés à KOGONI.

A partir de 1960 l'amélioration variétale a été activement conduite sur des variétés réunies sur place ou introduites. De plus à la suite d'une prospection dans la région de Diré (Goundam) de nombreux pieds-mère furent isolés et conduits en autogamie à KOGONI (travaux de Monsieur WEIL)

Les variétés locales étudiées proviennent sans doute à l'origine des oasis sud-algériennes et présentent, en général, un fort polymorphisme :

ALCAMA KOREI : (blé blanc) à barbes blanches (100 jours)

ALCAMA THIERE : (blé rouge) à barbes rouges ou blanches
(120 jours)-grain et paille
de couleur rougeâtre

ALCAMA BINKA : (blé phacochère) à barbes noires

ALCAMA KOUNTI : (blé court) blé tendre déjà isolé à la station d'Eloual El Hadj (EL WALADJI) cycle de 90 jours d'où son nom. C'est un blé blanc, sans barbes, qui était le plus cultivé en 1941-45

En 1962 à KOGONI, les travaux d'amélioration variétale sont doublés par des études sur les techniques culturales et de semis échelonné. Ces derniers mettent en évidence l'intérêt des semis précoces.

En Station la fumure suivante est adoptée :

150 kg/ha de superphosphate triple au labour
75 kg/ha de sulfate de NH₄ en couverture avant semis
75 kg/ha de sulfate de NH₄ en couverture au talloge
50 kg/ha de sulfate de NH₄ en couverture avant montaison.

De 1963 à 1965, les travaux d'amélioration ont abouti au choix de certaines familles et à l'élimination des autres. Chaque famille de blé retenue a donné naissance à une lignée pure inscrite au catalogue de la collection.

Ainsi 28 lignées ont été isolées dans les populations originaires de Goundam.

En même temps, le programme d'amélioration à comporté des introductions de l'Inde (14 variétés).

En outre 42 variétés anciennes se trouvaient en collection testée, ont été comparées au témoin Florence-Aurore.

A partir de cette campagne (1963) la collection de blé de KOGONI a distingué :

- 1 - les variétés précoces : maturité atteinte avant le 10/2
- 2 - les variétés intermédiaires : maturité atteinte entre le 10/2 et 25/2.
- 3.- les variétés tardives : maturité atteinte après le 25/2.

D'une manière générale les variétés tardives ont une production réduite, par suite de l'harmatan et des attaques de rats.

A la suite de ces premiers travaux, il est apparu indispensable d'implanter des expérimentations dans les zones favorables à la culture du blé.

Malheureusement le PAR de DIRE n'a pu être implanté faute de moyens et la situation n'a pas évolué depuis cette date. Son financement est demandé dans les propositions présentées dans la deuxième partie du présent document.

Une tentative d'implantation de quelques essais après reconnaissance des sols a eu lieu en 1966 sur des terres situées dans le périmètre des services civiques. Elle s'est soldée par un échec faute de responsable compétent et de moyens appropriés (motopompe) L'expérimentation, sur les lieux même de production possible, est donc à reprendre entièrement.

12 - Principaux résultats

Les résultats les plus marquants obtenus sur le blé au Mali au cours des travaux sont les suivants :

a) Dans le domaine variétal :

Blé tendre : les variétés Hindi - Tosson et Florence-Aurore apparaissent comme les plus convenables pour la zone sahélienne du Mali, tant pour leur précocité (cycle de 3 mois), que pour leur rendements.

Blé dur : La variété Biski-Bouteille domine nettement les autres.

b) En ce qui concerne la date de semis, il est impératif qu'elle permette une récolte avant le 15 mars, en raison de l'harmatan et pour éviter l'échaudage. Les variétés tardives sont à éliminer.

On a noté que l'absence de période froide très marquée provoque une montaison plus précoce. Le cycle levée-montaison étant plus court de 5 à 15 jours. Il faut donc sélectionner des variétés non sensibles aux températures élevées, afin de diminuer au maximum les variations de rendement.

c) La fumure utilisée donne satisfaction

- 150 kg/ha supertriple à la préparation
- 75 kg/ha sulfate de NH₄ au semis
- 75 kg/ha sulfate de NH₄ au tallage
- 50 kg/ha sulfate de NH₄ à la montaison.

Toutefois cette fumure doit être précisée.

13 - Orientation pour l'avenir

Les chercheurs travaillant sur le blé au Mali estiment que les rendements obtenus (environ de 2.000 kg/ha) sont faibles.

Il apparait nécessaire d'orienter les études vers :

- l'étude d'appareils d'exhaure simple
- le renforcement du travail d'amélioration conduit à KOGONI, pour cela l'introduction de nouvelles variétés de l'étranger et notamment d'Afrique du Nord et du Mexique (Cimmyt) doit être intensifié.
- la détermination des techniques culturales et notamment du mode d'irrigation en vue de réduire le nombre d'heures de travail à l'hectare.
- la mise au point d'une fumure rationnellé en vûe d'allonger la durée de la culture sur un même emplacement et de diminuer le temps de jachère (amortissement du travail d'aménagement et de terrassement).

2. - CANNE A SUCRE

L'expérimentation sur la culture de la canne a été réalisée à NIONO.

Les résultats des essais entrepris ont montré que d'une façon générale la culture de la canne à sucre à l'Office du NIGER pouvait fournir une production techniquement très satisfaisante et ont permis de préciser les conditions de réussite de cette culture.

Cycle de culture

En ce qui concerne la plantation, la période la plus favorable couvre les mois de Novembre et Décembre et peut être étendue jusqu'à fin février.

En ce qui concerne la campagne de récolte, son début se situe entre le 15 Novembre et le premier Décembre, la date finale a lieu dans la deuxième quinzaine de Mai, soit six mois au moins.

Sélection variétale

Parmi les premières variétés mises en comparaison, deux variétés se classent en tête, Co 740 et N Co 310 suivies par Co 449.

D'autres variétés se sont montrées intéressantes. Il faut citer dans l'ordre : CP 44/10, Co 1001, B 37/172, B 43/62, H 37/1933, B 45/151, H 32/8560, Trojan, Co S 510, les variétés B 43/62, B 45/151 et Co S 510 ayant des richesses sucrières particulièrement élevées.

ertilisation

Les essais n'ont pas donné de résultats bien nets à cause des dégâts provoqués par les rats. Semblent ressortir, une réponse assez nette à l'Azote en repousse, une réponse faible au Phosphore en Vierges et pas de réponse à la Potasse, ce qui conduit à recommander pour sols "moursi" et "danga" une fumure d'entretien du type :

N	=	120-150 kg/ha
P ₂ O ₅	=	60- 80 kg/ha
K ₂ O	=	100-120 kg/ha

Deux remarques sont à faire : d'abord que les sols plus lourds appelés "dian" n'ont pu être testés, ensuite que la dose assez élevée de potasse recommandée ici provient du fait que la canne est grosse consommatrice en cet élément.

Irrigation et drainage

L'irrigation est nécessaire pendant toute l'année sauf pendant les pluies (Juillet-Septembre) et pendant la période de maturation précédant la coupe (2 mois au début de la campagne, 1 mois à la fin).

Pour l'arrosage à la raie, les siphons en matière plastique se sont révélés d'un emploi économique.

L'élévation du niveau de la nappe phréatique consécutive aux arrosages et aux pertes des canaux d'irrigation entraîne la nécessité d'un drainage pour rabattre la nappe à une profondeur suffisante (1,50 m). Cela est nécessaire pour obtenir une maturation complète des cannes.

Rendements agricoles et tenue des repousses

Un essai dit de rendement maximum avait pour but de rechercher le potentiel de production. Cet essai a donné en moyenne 145,5 t. canne/ha en vierges de 16 mois et 125,1 t. cannes/ha en première repousse de 11 mois. La baisse de rendement relative des premières repousses par rapport aux Vierges étant que de 14 % pour un cycle de 11 mois en repousses contre 16 mois en vierges fait espérer une bonne tenue en repousses et donc réduction des frais de culture globaux.

B. - On peut avancer maintenant un rendement moyen de 100 t/ha sur 4 à 5 repousses.

Richesse en sucre des cannes

D'après les analyses réalisées dans le laboratoire monté à cet effet, il semble que l'on puisse compter sur un pourcentage moyen de sucre extractible, au cours de la campagne, d'environ 11,5 % du poids des cannes. Ces pourcentages de ligneux sont élevés mais les puretés sont favorables.

Conduite de la culture

La pratique de la culture a permis l'élaboration de conseils techniques concernant les différentes phases de la production :

- Préparation du sol : mécanique ou manuelle
- Emploi des engrais
- Préparation et traitement des boutures - Plantation
- Entretien des plantations en cultures de Vierges et de rejetons
- Récolte des cannes : coupe, chargement, transport des cannes, travaux après coupes.

L'enregistrement des travaux effectués a rendu possible l'établissement des besoins en main d'oeuvre de culture nécessaire pour alimenter une usine produisant 10.000 tonnes de sucre/an en précisant les normes de travail des diverses opérations culturales et les périodes de pointe et de creux dans l'emploi.

Ennemis et maladies

En ce qui concerne les maladies, la situation pouvait être considérée comme excellente dans les cultures contrôlées par l'IRAI grâce aux précautions prises pour l'introduction et pour la multiplication des variétés. Un poste de traitement long à la chaleur a été installé qui a permis de constituer des pépinières dont la garantie phytosanitaire était remarquable et qui auraient pu être utilisées comme sources des multiplications industrielles à entreprendre.

La situation est plus grave en ce qui concerne les attaques d'animaux. Les sauterelles et les oiseaux mange-mil représentent un danger potentiel contenu jusqu'à présent par une lutte efficace mais qui ne peut se relâcher.

Les rats par contre, exercent des dégâts considérables. La pullulation est telle que les moyens de défenses mis en œuvre à la périphérie et au milieu des parcelles d'essai, pour efficaces qu'ils soient, n'ont pas toujours permis d'enrayer l'invasion. Une étude précise de la biologie des espèces en jeu est indispensable.

d. - PEDOLOGIE-AGRONOMIE-ETUDES DES TECHNIQUES CULTURALES

1. - ETUDES PEDOLOGIQUES

Avant la prise en charge par l'IRAT de l'expérimentation sur les cultures vivrières au Mali, peu d'études pédologiques ont été faites sur les sols exondés. Les sols du delta intérieur ainsi que quelques plaines inondables avaient fait l'objet de nombreuses investigations.

En cultures exondées, on relève essentiellement les études suivantes :

- . Etude des sols de la ferme de SOTUBA en 1959 par C. CHARREAU (BIS)
- . Etude de reconnaissance de la Haute Vallée du Niger par KALOGA (ORSTOM)
- . Etude au 1/10.000 de la ferme de SANKO par KALOGA (ORSTOM)

L'absence de financement pour des études zonales ou régionales du Mali a entraîné une lacune importante dans la connaissance des sols de ce pays ; seules des études ponctuelles ont pu être réalisées.

De 1965 à 1974, cependant des travaux à caractères différents ont été entrepris.

11 - Caractérisation physico-chimique des sols des Stations et des Points d'appui de la Recherche -

Des analyses et descriptions de profils ont été effectuées sur les Stations de SOTUBA, de MOPTI et de KOGONI, et les P.A.R. du SENO, et de KITA.

Ces études ont permis de situer les résultats agronomiques par rapport aux données des analyses. Les carences en phosphore, en azote sont très apparentes dans les sols exondés. Par contre la déficience potassique, apparante à l'analyse, n'est pas marquée, les premières années de culture ; une très grande prudence devra donc être observée en ce qui concerne cet élément et il convient de suivre attentivement la dynamique du potassium dans le sol : ajouter de la potasse les premières années de cultures serait favoriser une consommation de luxe ; mais il ne faut pas oublier que la carence potassique apparait très brutalement, surtout en culture améliorée lorsque les exportations (pailles + grains) sont importantes.

En conclusion, l'examen des données des analyses chimiques met en relief une carence principale en phosphore, un niveau très faible des réserves azotées et potassiques, une richesse moyenne en potassium échangeable permettant sans doute de corriger la déficience de cet élément pendant les premières années de culture.

12 - Etudes agropédologiques

La référence à ce type d'étude est essentiellement celle qui a été faite en 1969-70 par C. PIERI dans la région de FANA. Elle comporte d'une part une carte régionale au 1/100.000 et d'autre part une carte plus détaillée au 1/20.000 de deux terroirs.

Elle a été exécutée pour le compte de la C.F.D.T., opération de développement pour les Textiles.

Le rapport comporte deux parties essentielles :

- l'une proprement pédologique, définissant les différents types de sols et leur pédogenèse.
- l'autre agropédologique, mettant en relief les principales relations entre les sols et leur fertilité ; cette étude aboutit à la définition des aptitudes culturales des sols.

Ce travail a été largement utilisé par les agronomes de l'opération de développement.

13 - Etudes pédologiques

Ces études de types classiques définissent les différents types de sols dont les limites sont portées sur une carte.

C'est à ce type d'étude qu'ont eu recours en 1972 les pédologues chargés du choix d'un terrain pour l'implantation du Point d'Appui à la Recherche dans la région de SIKASSO. La marche à suivre pour un tel choix procède en deux étapes :

- Reconnaissance des sites et des principaux sols de la région et choix de l'emplacement.
- Etude détaillée au 1/5.000 du terrain choisi.

Ce genre d'étude est un travail de base très important et indispensable pour connaître la représentativité de l'emplacement où est conduite l'expérimentation des services de la Recherche. En effet il est essentiel de pouvoir extrapoler les résultats de la recherche en un point donné, à tout un ensemble régional.

Des études similaires de reconnaissance mais de moindre importance ont été faites pour le choix des P.A.R. du SENO et de KITA, mais elles n'ont pas été accompagnées d'études de détail.

14 - Etudes morpho-pédologiques

De conception plus récente, ces études plus élaborées que les études pédologiques proprement dites, permettent d'aborder les problèmes de l'évolution d'un terrain, en faisant appel à la morphogenèse ; ces études sont basées sur le principe de départ qu'une unité morphologique constitue une entité, dont l'histoire est étroitement liée à celle de la pédologie ; elles permettent des études de reconnaissance à moindres frais en tenant compte des incidences que peut avoir sur les sols toute modification du milieu, due à l'intervention de l'homme ou de phénomènes naturels non contrôlables.

Une telle étude au 1/50.000 a été faite en 1973 dans le delta intérieur du Niger par R. BERTRAND (pédologue Siègo) et de A. DOUMBIA pour l'Opération Riz MOPTI ; elle couvre 55.000 ha et concerne quelques plaines du Delta vif du Niger.

En 1974, un avenant à la convention a prévu la prospection de 10.000 ha au 1/50.000 par un pédologue de l'I.R.A./MALI et concerne les plaines suivantes : MACINA-EST, TOROKORO - TONDAKA et SARENALA-NORD

15 - Etudes diverses

On signale en particulier une étude de reconnaissance au 1/20.000, dont le but était de choisir une superficie de 500 ha des sols les plus aptes à l'irrigation. Cette étude, faite par un pédologue en 1966, pour le compte du Service de l'hydraulique a servi de base à l'implantation du périmètre irrigable de BAGUINEDA.

16 - Conclusion

On constate que les études des sols effectuées au Mali sont limitées, et de nature très différente. Il n'existe aucun travail d'ensemble qui permettrait aux opérations de Développement comme aux planificateurs et aux financiers d'avoir une vue plus précise des potentialités du Mali agricole et de se faire une opinion sur la répartition dans l'espace des zones les plus prometteuses pour fixer les priorités du développement - Le programme pluriannuel présenté par ailleurs (couverture Morpho-pédologique du Mali) se propose de remédier rapidement à l'absence de ce document de base.

2. - LE LABORATOIRE DES SOLS

Il faut signaler l'existence jusqu'en 1960-62 d'un laboratoire des sols à KOGONI, dépendant de l'Office du Niger. Les analyses physico-chimiques réalisées concernaient essentiellement les sols du "Delta mort" du Niger. Les laboratoires de Kogoni sont actuellement désaffectés.

Le laboratoire de Sotuba a été créé en 1967. Il était alors placé sous la direction du responsable du programme d'agropédologie assisté d'un laborantin ; son activité se limitait aux seules analyses granulométriques. Avec l'affectation en 1970 d'un agent expatrié au laboratoire, il a été possible de diversifier les analyses et d'en augmenter le nombre. C'est ainsi que les mesures de pf et les analyses chimiques (pH, carbone, azote) ont pu être réalisées en série. En 1972, un technicien chimiste était affecté au laboratoire. C'est en 1973 qu'un nouvel essor semblait pouvoir être donné au laboratoire avec l'affectation d'un ingénieur chimiste malien de bonne formation.

Malheureusement, le manque de moyens financiers ne permet pas d'acquérir un équipement suffisant pour tirer profit de la qualification d'un ingénieur chimiste et les activités du laboratoire restent très modestes. Le financement prévu pour l'équipement du laboratoire de Sotuba doit donc être considéré comme prioritaire.

La situation et la suivante en 1974

Personnel : 1 ingénieur chimiste, chef du laboratoire
1 technicien chimiste

Bâtiments : 2 salles aménagées dont une climatisée.
(construction 1967 sur crédits FAC)

Appareils en état de marche

Alambic - 2 balances Mettler - 1 pH mètre -
1 conductimètre - 1 installation Kjeldahl -
matériels pour analyses granulométriques

L'absence d'équipement limite sérieusement les possibilités de travail. Actuellement, le laboratoire analyse environ 40 échantillons par mois.

A titre d'information nous présentons dans le tableau qui suit les analyses effectuées sur une année (1973-74) au laboratoire. Les déterminations se limitent à la granulométrie, au pH, à la matière organique et à l'azote total).

Analyses effectuées par le Laboratoire en 1973-1974
 (pH - Matière organique - Granulométrie - Azote)

Echantillons	Demandes extérieures	Demandes provenant des stations de l'I.R.A.T.
12		KOGONI
14	HAUTE VALLEE (IRAT)	
36	Convention - Macina Opération Riz Mopti	
89	FAO - OMVS	
63	Convention	
30	IRCT (TINGOLE)	
6	DIORO	
200		Points d'appui de recherches de l'I.R.A.T.
450		

TAL

3. - AGRONOMIE

L'utilisation rationnelle de la fertilisation est un des leviers le plus puissant pour l'accroissement de la production agricole et l'élévation de la productivité. Cela justifie l'importance de ce thème dans les études conduites par les agronomes de l'IRAT au Mali. Deux considérations ont prévalu dans la définition des programmes.

- le souci de s'inspirer des objectifs de développement propres à chacune des grandes zones agricoles du Mali.
- la nécessité de procéder par étapes et de dégager des solutions partielles ou intermédiaires dans la perspective d'un progrès immédiat ; c'est ainsi que les problèmes de fertilisation ont été étudiés dans deux optiques bien distinctes, opposées souvent à tort, car s'adressant à deux stades d'évolution différents.

3.1. - Première orientation

La recherche a été conduite, dans cette première orientation, avec la perspective d'une utilisation immédiate de ses résultats par le paysannat et le souci de répondre dans le plus bref délai aux demandes des opérations de développement.

Le modèle très extensif du système agraire peut être caractérisé par trois facteurs :

- équipement rudimentaire
- succession culturale souvent anarchique avec large dominance de cultures vivrières autoconsommées
- très faibles possibilités d'investissements, car production peu monétarisée

En tenant compte de cet état d'évolution technique actuel, il s'agissait d'augmenter immédiatement, sans accroître la dégradation du sol (conservation de la fertilité actuelle) et de la façon la plus économique possible, les rendements des cultures.

Nous examinerons, dans cette optique, les principaux résultats acquis en matière de fertilisation minérale des cultures relevant des attributions de l'IRAT : Arachide - Riz - Céréales de cultures Sèches.

Ceux-ci ont été obtenus en présence de techniques culturales correctes. Dans le cadre de cette première orientation, celles-ci sont définies et des fiches techniques de chaque culture peuvent être proposées au développement. Les points essentiels à retenir sont :

- préparation du sol (profondeur le plus souvent souhaitable) et du lit de semence
- semis à bonne date (presque toujours précoce) en ligne et à bonne densité en utilisant des semences pures et désinfectées

- démarrage précoce pour les céréales de culture sèche
- sarclo-binages précoces et réguliers
- récolte à maturité

La pratique simultanée de ces techniques permet généralement de "tamponner" les aléas climatiques de début de cycle et "d'installer" correctement la culture. Avant d'aborder l'examen des résultats par culture, il nous a semblé indispensable de réaffirmer la primauté absolue aux techniques culturales dont l'application rationnelle conditionne l'efficacité de la fumure. C'est dire que leur vulgarisation doit précéder, sinon toujours accompagner, la diffusion des engrais.

3.1.1. - Recherche de formules de fumure à faibles doses et à rentabilité immédiate sur l'arachide

Les premiers essais comparatifs de formules de fumures à faible dose sur arachide ont été implantés en 1954 en plusieurs points du Mali. Ils ont mis en évidence l'intérêt des formules à dominance phosphatée (6-20-10 - et 7-23-3). En particulier, la formule 6-20-10 à 150 kg/ha semble garantir assez régulièrement une plus-value de 400 à 500 kg/ha de gousses. L'effet prépondérant du phosphore est confirmé par une série d'essais factoriels conduits de 1962 à 1964.

En 1965, une série d'essais conduits en liaison avec la section des essais multiloceaux se proposent de vérifier l'intérêt de l'équilibre 6-20-10 et de préciser la dose. On enregistre un effet hautement significatif des doses 6-20-10 par rapport au témoin sans engrais. En pratique et pour des raisons économiques, la dose 100 kg/ha de 6-20-10 fut retenue. Cependant, selon les variations du coût des engrais et de l'arachide, la rentabilité de la dose préconisée n'a pas été régulièrement assurée (situation continentale du Mali). Cette considération et les faibles effets de l'azote et du potassium obtenus dans les dispositifs factoriels, ont conduit à l'étude des engrais binaires du type Phosphore-Soufre. Le dispositif suivi de 1966 à 1971 met en comparaison avec le témoin-

- deux doses de 6-20-10 (60 et 120 kg/ha)
- une dose de 75 kg/ha du super simple
- une dose de 25 kg/ha de super triple.

Sur 33 essais, les formules de fumures apportent une augmentation de rendement statistiquement significative par rapport au témoin dans 19 cas. Cet effet est surtout manifesté pour les sols ferrugineux tropicaux lessivés sur grès. Dans 14 cas on n'enregistre que des effets arithmétiques et les faibles effets peuvent s'expliquer par de mauvaises conditions de plantation ou de pluviométrie, sinon par la situation choisie (sol à haute fertilité naturelle).

Dans les cas significatifs, on note l'équivalence des formules 120 kg/ha 6-20-10 et 75 kg/ha de super simple.

Le tableau suivant rassemble les résultats des essais significatifs

	Témoïn	120 kg/ha 6-20-10	75 kg/ha Super simple (18% P ₂ O ₅)	25 kg/ha Super triple (45 % P ₂ O ₅)
Rendement moyen kg/ha	1180	1660	1610	1515
%	100	140	136	128
Plus values gousses g/ha	-	480	430	335
Prix plus value F.M.		14.310	12.780	9.990
Coût engrais F.M.		6.160	3.000	1.500
Valeur ajoutée F.M.		8.170	<u>9.780 F.M.</u>	8.490

La formule 75 kg/ha de super simple (13,5 kg/ha de P₂O₅) a été retenue à la place des 100 kg/ha de 6-20-10.

En utilisant du Super simple à 21% on préconise à la vulgarisation 65 kg/ha de super simple (13,7 P₂O₅ - 6,5 S)

Suite à la suppression de la subvention du Super simple, on a comparé ce dernier à l'engrais coton à coût égal. Deux années d'expérimentation (72-73) montrent l'équivalence des deux fumures. La substitution de l'engrais coton au super simple peut donc se faire sans incidence pour les rendements et en facilitant la tâche des vulgarisateurs dans les zones où les deux cultures de rente coexistent.

	Témoïn	65 kg/ha Super simple	45 kg/ha engrais coton
P ₂ O ₅	0	13,7	14,2
S	0	6,5	3,6
1972	1950	2130	2285
1973	2420	2620 xx	2640 ^{xx}

On soulignera cependant la difficulté accrue pour résoudre le problème pratique de l'épandage de faibles doses d'engrais.

Les formules proposées tiennent seulement compte de la carence phosphatée principale du sol à corriger (encore faut-il souligner que l'apport correspond aux exportations d'une culture d'arachide dont les rendements ne dépassent pas 1500 kg/ha), Elles apportent de plus une légère quantité de soufre correspondant sensiblement aux mobilisations minérales d'une tonne de gousses environ). On suppose donc que la couverture des besoins en d'autres éléments minéraux (en particulier le potassium) est assuré par le sol.

Dans ces conditions, il est évident qu'une telle formule ne peut être efficace que pendant les premières années de son application, c'est à dire tant que la correction en P_2O_5 n'est pas assurée (P_2O_5 facteur limitant n°1) et que les besoins en K_2O sont couverts par le sol (dont les réserves sont principalement mobilisées par la pratique des jachères et restituées par les brûlis), mais que rapidement la formule risque de devenir inadaptée et d'une rentabilité douteuse. Ce processus sera accéléré par l'obtention de rendements élevés (ceux-ci pouvant être obtenus si les conditions physiques du sol sont favorables et l'alimentation hydrique régulière), s'accompagnant obligatoire d'exportations minérales importantes. Au stade de la vulgarisation, la formule proposée reste toutefois la meilleure : 65 kg/ha Super simple ou 45 kg/ha Engrais Coton.

À la suite des considérations précédentes, la mise au point de nouvelles formules à dose faible semble être un objectif illusoire, en l'absence d'une véritable correction des principales carences du sol.

3.1.2. La fumure du Riz

Les travaux sur la fertilisation du riz se sont déroulés depuis 1945 avec toutefois une légère interruption entre 1960 et 1964. Nous n'avons pas cru utile de distinguer les deux phases 1945-60 et 1964-73 dans les résultats présentés ci-après, étant donné leur parfaite concordance pour chacune des deux périodes.

3121. - Utilisation des engrais azotés - Doses et modes d'apport

Tous les essais mettent en évidence la grande efficacité de l'azote. Mais, tout en demeurant arithmétiquement importantes, les augmentations de rendement ne sont pas proportionnelles aux doses d'azote au delà de 40 à 60 kg/ha d'azote, même en présence d'une fumure complémentaire phospho-potassique - Les variétés à haute taille communément cultivées au Mali versent pour des doses supérieures à 30 kg/ha d'N, par contre les variétés à paille courte dressée (type IR) tolèrent des doses élevées sans verser et répondent aux apports d'azote jusqu'à des doses supérieures à 120 kg/ha d'N.

Le tableau qui suit rassemble les principaux résultats enregistrés sur ces sites et les types de rizicultures (moyenne de plusieurs essais).

Type de riziculture	Témoin	25-30 kg/N	40-60 kg/N	80-100 kg/N	120 kg/N	160 kg/N	40-60kg/N + PK
Irriguée	3210	120%	<u>142%</u>	167%	(1) 138%	-	145%
do bas-fond	1910	127%	<u>140%</u>	-	-	-	-
flottante	2410	108%	<u>122%</u>	123%	-	-	<u>125%</u>
irriguée (contrôle eau total)	3630	-	<u>133%</u>	<u>168%</u>	<u>178%</u>	<u>184%</u>	(114%)(2)

(1) On notera la différence de réponse au niveau élevé d'azote entre les variétés à paille longue (premiers résultats 1945-46-56-66) et les variétés de type IR (69-70-71).

(2) Les résultats obtenus en 1969-70-71 sur la station de KOGONI (avec IR 8) ont été enregistrés en présence d'une fumure phosphatée uniforme. Le pourcentage mentionné entre parenthèse correspond à celui obtenu sans azote avec la fumure phosphatée seule.

Dans les conditions actuelles de culture, et en raison du coût engrais et du prix de paddy l'efficacité de l'engrais reste la plus dans l'intervalle 0-50 kg/ha N (exception faite pour la culture des tés à haut potentiel avec contrôle total de l'eau tout au long du).

En raison de l'imperfection des aménagements de l'office et du entretien des cultures, l'apport recommandé se limite actuellement kg/ha N (50 kg Urée). Il n'est pas douteux qu'une dose double pourrait proposée sans danger aux fur et à mesure d'une remise en ordre des aménagements et de l'application de bonnes techniques culturales. Les critères à retenir pour assurer la rentabilité de cette fumure :

- un bon planage
- un drainage correct
- l'élimination des adventices envahissantes.

Plus encore que pour les cultures exondées l'"aménagement" des terres est un préalable indispensable pour obtenir la meilleure efficacité de la fumure.

À doses égales, les formes ammoniacales de l'azote sont préférées, et pour des raisons économiques (concentration) l'urée doit être considéré comme un engrais de choix.

Le fractionnement de la fumure azotée au tallage et à l'initiation paniculaire s'est révélé supérieur à l'apport au semis et au tallage et au mode d'apport tout au semis ou tout au tallage. Ce mode d'apport exige le contrôle de l'eau et le semis en lignes ; son application ne peut donc être réalisée que dans certains casiers. Actuellement et compte tenu des conditions imposées par la grande culture, l'épandage de l'azote au tallage est le plus conseillé en raison des inconvénients de l'épandage au semis (concurrence des adventices, lessivage). Il faut souligner que si l'apport au tallage est le plus recommandable pour les variétés à haut potentiel, les essais en milieu contrôlé ont mis en évidence l'intérêt d'un apport plus tardif (milieu de végétation) pour les variétés à paille longue. Mais les conditions pratiques de culture s'opposent à cette réalisation.

En riziculture semi-aménagée avec maîtrise partielle de l'eau de pluie ou de crue, l'azote sera appliqué tout au semis si les premières pluies sont suffisantes, si non tout avant la crue.

Les tableaux qui suivent illustrent les précédents commentaires

Office (Kogoni) - Variétés à paille longue HKG 98

Mode \ Doses	Semis	1/2 semis 1/2 tallage	Tallage	3/8 tallage 5/8 montaison
0	3370	-	-	-
30 kg	4220	4470	3860	4600
60 kg	4660	4620	4470	5330

Pas de complément P.K.

Office (Kogoni) - Variétés à paille courte IR 8

Mode \ Doses N	1/4 Tallage 3/4 Initiat.	3/8 Tallage 5/8 Montaison	3/4 Tallage 1/4 Initiation
0	4.440	-	-
100 kg	6.940	6.990	7.410

Ibetemi - Riz flottant Indochine G

Mode \ Doses	Semis	1/2 semis 1/2 avant crue	avant crue
0	1.780	-	-
30-50 N	2.390	2.300	2.270

3122 - Utilisation des engrais phosphatés

A l'exception d'un seul cas observé en 1966, les différentes formes d'engrais phosphatés appliquées à plusieurs doses, à différentes dates, seules ou en combinaison avec des fumures N et P, ou des amendements Ca et Organiques complémentaires, n'ont eu aucun effet direct ou résiduel sur les rendements du riz (résultats d'environ vingt expérimentations).

Ces résultats sont assez inattendus étant donné la pauvreté en acide phosphorique des sols de rizière mise en évidence par les analyses chimiques (P_2O_5 total : 0,2 à 0,4 ‰, P_2O_5 accessible aux plantes : traces à 20 ppm). Il faut toutefois souligner que si l'effet sur la production est nul, on observe le plus souvent un accroissement significatif de la teneur du sol et même des plantes en P_2O_5 à la suite d'apport d'engrais phosphatés.

Il semble donc que dans les conditions de submersion, la plante puisse tirer parti des très faibles teneurs du sol en P_2O_5 . La liquéfaction du milieu autorise sans doute une meilleure exploration du sol par les racines.

Ces deux points : - pauvreté absolue du sol en P_2O_5
- dynamique particulière du P_2O_5 en sol submergé
sont confirmés par le fait que les mêmes sols mis en condition de culture sèche réagissent bien à la fumure phosphatée.

Ainsi dans les sols argilo-limoneux de Kogoni on a pu enregistrer les résultats suivants en Sorgho grains et Coton graines avec irrigation sans submersion :

Sorgho de culture sèche

	! 0 kg/ha N !	! 50 kg/ha N !
0 kg/ha P_2O_5 !	2660 !	2850 !
45 kg/ha P_2O_5 !	2910 !	3650 !
90 kg/ha P_2O_5 !	3315 !	4040 !

effet hautement significatif de P_2O_5
en présence de N :
40 % de plus value

Cotonnier sans submersion

fumure	Témoin				685 kg/ha
	N	S	P	K	
- N					2070 kg/ha
- P					990 kg/ha
- K					1210 kg/ha
- S					2030 kg/ha
					2045 kg/ha

(essai soustractif IRCT)

carence phosphatée très importante immédiate après l'azote :
70% de plus value

En condition submergée, les problèmes de retrogradation des engrais phosphatés et l'influence des différents facteurs (Oxygène, pH, Matière organique, Type de sol ...) sur les proportions relatives des diverses formes de phosphore : P-soluble, P-Ca, P-Al (formes directement assimilables par les plantes) et P-Fe, P-inclusons Fe-Al, P-Matière organique (formes pratiquement peu utilisables en milieu acide ou après minéralisation pour la dernière forme citée) mériteraient une étude plus complète. Si on sait qu'un abaissement de pH entraîne un accroissement des formes de phosphore peu utilisables, il est également admis que ces formes peuvent être solubilisées en fonction des fluctuations des différents facteurs du milieu.

Les premières réponses au P₂O₅ enregistrées en 1973 dans un essai pérenne de doses croissantes de phosphore implanté en 1969 à KOGONI nous incite à la prudence et, en raison de la pauvreté du sol en P₂O₅, à compenser au moins les exportations des récoltes.

Essai courbe de réponse au P₂O₅

KOGONI 1973 - Variété IR 8

Fumure	(0 kg/ha P ₂ O ₅	6170 (fumure N.K. seule)
complémentaire N.K.	(30-60 kg/ha P ₂ O ₅	6290
	(90-120kg/ha P ₂ O ₅	<u>7110</u>
Témoin		3920 kg/ha

Tilensé

Nous proposerons donc une dose d'entretien de 30 à 50 kg/ha/an La nature de l'engrais phosphaté étant sans importance, on s'orientera vers les formes les plus économiques à l'unité de P₂O₅ épandu par hectare.

3123 - Effet des autres éléments minéraux - Potassium-Calcium-Magnésium

Comme avec le phosphore, aucune réponse au potassium n'a été enregistrée dans les expérimentations mettant en jeu cet élément. Les réserves des sols rizicoles en potassium sont moyennes et cet élément est plus labile que l'acide phosphorique.

Les eaux de crue apportent d'autre part des quantités notables de potassium. De plus les mobilisations minérales sont partiellement compensées par les restitutions de paille sous différentes formes.

On peut donc, pour l'instant négliger la fertilisation potassique ou tout au plus, compenser les exportations des récoltes. Aucun effet du calcium et du Magnésium n'a été observé.

3124 - Effet de la Matière organique - Résidus de récolte

De nombreux essais sur la fumure organique en sols rizicoles ont été entrepris. Les expérimentations se sont proposées soit de comparer différents types de fumure organique à la fumure minérale, soit de mettre en évidence l'interaction fumure organique - fumure minérale. L'effet de l'engrais vert, surtout légumineuses (crotalaire, phaseolus), est sans équivoque. Différents résidus de récolte (son de riz, tourteaux de coton...) se sont également révélés intéressants. Mais c'est l'enfouissement de la paille de riz qui a été le plus étudié et des résultats positifs ont été enregistrés, singulièrement l'amélioration physique du sol (structure et perméabilité). Ces études ont été reprises récemment et méritent d'être poursuivies, sans se limiter à l'enregistrement des rendements bruts, mais en réalisant de nombreuses mesures sur les sol pour mieux appréhender les phénomènes et par la même généraliser plus sûrement les résultats.

3125 - Effet résiduel de la fertilisation en riziculture continue

Deux expérimentations ont mis en évidence l'absence d'effet résiduel d'une fertilisation azotée sur la culture de riz suivante quelque soit le niveau d'azote, en absence ou en présence d'un complément phospho-potassique

		Plus value en %			
	Témoin	N 40	N 100	N 40 + P.K	N 100 + P.K
Année 1 directe	3,2 t	136 %	175 %	134 %	175 %
Année 2 résiduel	100 %	100 %	103 %	102 %	99 %

P.K. : 250 P₂O₅ - 100 K₂O

Remarque importante (paragraphe 311 et 312)

Des publications faisant le point sur les questions traitées dans les deux premiers paragraphes ont été réalisées récemment par M.F. TRAORE ; le présent document reprend les principales conclusions de l'auteur :

- " Point sur les expérimentations des fumures à faibles doses apportés sur l'arachide au Mali (1954-71) "
- " Fertilité des sols rizicoles et utilisation des engrais au Mali "

313 - La fumure des céréales de culture sèche (Mil-Maïs-Sorgho)

Si l'utilisation des engrais pour les cultures de cotonnier, arachide et riz ne cesse d'augmenter, il faut admettre que leur application sur les céréales de culture sèche reste encore très limitée.

Les termes de l'échange : prix des engrais - prix des céréales sont très défavorables et les récentes augmentations du coût des engrais non compensés par une augmentation correspondante de celui des grains ont encore aggravé la situation. Le montant du kilo d'engrais représente aussi maintenant huit fois celui du kilo de mil ou de sorgho. On comprend ainsi la difficulté majeure pour l'agronome de proposer, toujours dans l'optique de ce premier chapitre, des fumures entraînant des accroissements de rendements dont l'importance peut satisfaire l'économiste.

3131 - Effet direct des fumures annuelles sur Mil-Maïs-Sorgho

C. PIERI a analysé avec soin une trentaine d'expérimentations menées depuis 1954.
La fumure des céréales de culture sèche en République du Mali - premier essai de synthèse"

Dans l'ensemble, la fumure minérale a toujours un effet positif significatif sur les rendements.

- l'effet du Phosphore est le plus net et le plus constant

Trois fois sur quatre, c'est bien le premier facteur limitant. C'est l'élément majeur sans lequel l'azote ne peut avoir sa pleine efficacité.

- l'effet de l'azote est toujours important, mais il n'apparaît comme facteur limitant avant le phosphore qu'une fois sur quatre. On remarque toutefois que son efficacité est variable selon les cultures. D'optimal pour le maïs, elle est bonne pour le sorgho et devient très faible pour le mil.

- l'effet du potassium n'a jamais été significatif

Rappelons qu'il s'agit d'un bilan d'essais annuels, installés le plus souvent sur vieille jachère

- l'interaction NP a pu être mise en évidence une fois sur quatre. Dans les autres cas, les effets principaux P et (ou) N prévalent.

En conclusion, pour les sols étudiés dont la grande majorité appartiennent à la classe des sols ferrugineux tropicaux lessivés sur grès, les fumures les mieux adaptées sont du type binaire phospho-azotée. La rentabilité de ces fumures a pu être approximativement évalué à travers les résultats :

Céréales	Nombre d'essais	Témoin kg/ha grain	Fumure kg/ha grain	Plus value moyenne en F. M.	Equilibre en kg/ha d'éléments N-P ₂ O ₅
Mil	3	360	790	non rentable	25-45
Maïs	4	1.770	2.950	13.000 F.M.	45-25
Sorgho	11	1.100	1.810	4.000 F.M.	30-30

N Urée
P Super triple

Il apparaît clairement que les formules annuelles à doses faibles (50 kg/ha)

- ont toutes chances d'être rentables dans la maïsiculture (dominance N)
- présentent une garantie de rentabilité marginale pour la culture du sorgho (équilibre NP)
- ne sont jamais rentables dans le cas de la culture du mil (dominance P)

3132 - Effet résiduel sur céréales de fumure du cotonnier et de l'arachide

La rentabilité des fumures annuelles sur céréales étant difficilement assurée, singulièrement sur mil et sorgho, on a envisagé la succession culturale suivante :

- culture de rente (sur laquelle on applique obligatoirement l'engrais, dont le coût est en général assuré par les plus values de la culture.
- céréales (sans ou avec fumure complémentaire selon ses exigences propres).

Les conclusions sont les suivantes :

- Après Arachide

On n'observe que très rarement un effet résiduel de la fumure actuellement vulgarisée sur l'arachide (65 kg/ha de Super simple). Ce fait est parfaitement prévisible compte tenu des très faibles quantités d'éléments minéraux (limités d'ailleurs à P et S) apportées sur l'arachide (cf paragraphe 311 p.53).

De plus, deux constatations méritent d'être mentionnées -

- le complément azote seul sur céréales après arachide fumé a un effet très limité (permanence du facteur limitant Phosphore)
- les rendements en arachide et les plus values apportées par l'engrais diminuent au fur et à mesure des successions, la formule devant rapidement inadaptée (cf. page 54).

Les deux tableaux suivants viennent à l'appui de ces résultats -

Sorgho après arachide fumé
(moyenne de 12 essais)

Arachide
(essai pérenne P.A.R. KITA)

Sur arachide!	Sur Sorgho!	Rdt Sorgho ! !grains kg/ha!	!	!	!	!
0	0	1200	!	69	!	71
0	20 N	1270	!	960	!	910
kg/ha	0	1260	!	plus value	!	420
per simple			!	fumure vul-	!	20%
kg/ha			!	garisée	!	
per simple	20 N	1320	!		!	

Différences non significatives.

Succession Arachide-Sorgho depuis 1969.

- Après cotonnier

On enregistre un effet résiduel incontestable (évalué à 20% environ) sur la culture suivante de sorgho.

Sorgho après cotonnier fumé
(moyen de 3 essais)

Sur cotonnier	Sur sorgho	Rendement Sorgho grains kg/ha
0	0	1180
0	20 N	1330
100kg/ha 10-34-0	0	1380
100kg/ha 10-34-0	20 N	1635

On notera que l'effet de la fumure complémentaire azotée sur sorgho est notable, mais cependant à la limite de la rentabilité.

314 - Conclusions

La vulgarisation des formules à doses faibles est liée à celle de techniques culturales simples et connues : semis à bonne date et entretien correct des cultures pour limiter l'effet de l'engrais à la plante cultivée. Ces techniques nécessitent un équipement limité et peu coûteux, mais leur mise en application demande un encadrement serré du cultivateur pendant plusieurs campagnes.

Sur Arachide et sur Riz, les formules actuellement proposées ont une action immédiate suffisante pour être rentabilisées l'année de son application. Toutefois nous avons évoqué les dangers des formules "équilibrantes" (adaptées à la plante et au sol) devenant rapidement inadaptées au fur et à mesure de leur utilisation et des modifications dans la hiérarchie des carences.

Pour les céréales, si l'effet de fumure du type N P est incontestable, il est également prouvé que la productivité marginale des doses utilisées reste insuffisante pour rendre l'usage d'engrais rentable.

Nous avons cependant mentionné deux cas favorables -

- culture du Sorgho derrière cotonnier fertilisé.
La surface des cultures en cotonnier (45.000 ha) restreint considérablement l'intérêt de cette possibilité.
- Maïsiculture pour laquelle des équilibres N-P à 150 kg/ha peuvent être proposés - Les recherches récentes ont cependant montré la meilleure rentabilité de fumures plus importantes pour une céréale aussi exigeante que le maïs.

Concernant le Sorgho et le Mil, qui occupent la plus grande superficie du Mali agricole (2 millions d'hectare) le problème est sérieux et le devoir de l'agronome est de ne pas l'é luder. Rappelons avant tout que l'obtention de nouvelles variétés (dites "miracles") ne modifiera en rien les données. (La haute productivité de celles-ci n'étant atteintes qu'en présence de fumures confortables).

En limitant notre propos à l'orientation du présent chapitre, il convient de ne pas restreindre nos ambitions à l'obtention d'une marge brute convenable pour le cultivateur (ce but est d'ailleurs difficile, voire impossible, à atteindre dans le cadre du système agraire défini dans cette première orientation - cf. page 51).

Dès à présent, et plus encore à très court terme, l'accroissement du volume de production des cultures vivrières doit constituer notre objectif prioritaire. Cette nécessité est imposée par le taux d'accroissement naturel de la population (doublement en trente ans). L'autoconsommation totale, l'irrégularité des récoltes (accentuée par les récents phénomènes de sécheresse), et les difficiles problèmes de soudure forceront de plus en plus les cultivateurs à acquérir à certaines époques des denrées de substitutions importées (les dons doivent être considérés comme exceptionnels) - Chaque période de disette entraîne un départ de populations vers les centres urbains incapables d'absorber les nouveaux arrivants et de leur fournir du travail.

L'application de fumures rationnelles à fortes doses, alliées à des techniques culturales correctes, peut entraîner des accroissements de rendements très importants (même avec le matériel végétal local actuellement disponible). Mais nous avons vu que ces fortes fumures ne pourront pas s'accompagner, au stade actuel, d'une marge brute convenable nécessaire à leur vulgarisation. Une intervention extérieure par subventions est donc indispensable, car l'investissement nécessaire est incompatible avec les revenus dont dispose le cultivateur et les bénéficiaires celui-ci est en droit d'attendre au cours des premières années.

En fait le choix pour les économistes est entre deux solutions.

- achat de denrées importées pour subvenir au déficit vivrier croissant (avec ses conséquences de dépendance et ses risques de rupture).
- fourniture d'engrais avec subventions pour accroître les récoltes et la fertilité du sol, fixer la population et former des paysans (contrôle indispensable et simultané des techniques culturales).

Il nous faut souligner que l'accroissement des rendements des cultures vivrières libérera des surfaces pour les cultures de rente, dont les surplus commercialisables prendront le relais des subventions extérieures.

Dès 1954, et à l'issue d'une mission au MALI, L. SAUGER (Directeur Général de l'ISRA au Sénégal) et R. TOURTE (Responsable du programme d'Agronomie à l'IRAT) écrivaient : "L'augmentation de rendement due à l'Engrais doit être importante pour être rentable... Elle nécessite une amélioration plus foncière des sols, permettant une action plus complète des engrais minéraux."

C'est cette démarche qui sera exposée dans le chapitre suivant, la fertilisation étant un des facteurs essentiels de l'amélioration foncière et de l'intensification de l'agriculture.

NOTE : Nous avons volontairement développé ce premier chapitre, étant donné la prédominance au Mali du système agraire défini en préambule.

3.2. - Deuxième orientation

Les études relatives à cette deuxième orientation ont été conduites par les agronomes de l'IRAT/MALI simultanément à celles exposées dans le chapitre précédent. Cependant, les travaux se sont intensifiés au fur et à mesure que des solutions étaient proposées aux problèmes considérés isolément (fumure pour chaque culture, effet résiduel de fumures sur cultures industrielles...) et que les limites de la première orientation devenaient évidentes.

La rentabilité marginale des fumures annuelles sur céréales, l'absence ou le peu d'effet résiduel des fumures appliquées sur les cultures industrielles, les bilans apports - exportations le plus souvent déficitaires (1) (donc compromettant gravement le capital sol) les ont conduits, avec les agronomes de la zone sahélo-soudanienne) à mettre à l'étude des techniques autorisant la modification radicale du milieu.

L'amélioration foncière fait appel à un ensemble de données qui permettent l'intensification des cultures vivrières (augmentation des rendements à l'unité de surface et non extension des surfaces cultivées), l'introduction de plantes nouvelles et fait intervenir les cultures industrielles d'une façon plus ou moins importante selon les vocations et les potentialités régionales. Ces cultures peuvent alors être intégrées dans un système qui leur est imposé.

Ces travaux s'adressent à une agriculture semi-intensive ou intensive dont les trois caractéristiques sont les suivantes :

- équipement en bovins et matériel de culture attelée (intégration de l'élevage à l'agriculture éventuellement début de motorisation)
- fixation des cultures et respect d'une rotation (véritable exploitation agricole)
- possibilités d'investissement plus important.

Il est bien évident que la productivité agricole n'est pas exclusivement sous la dépendance du milieu sol, il n'en reste pas moins que la fertilisation, dont l'objectif est d'assurer dans le sol par apport d'engrais, des conditions optima d'alimentation minérale de la plante, apparaît comme un des moyens les plus efficaces d'intensification.

(1) Un apport de 65 kg/ha du Super simple (formule vulgarisée compense les mobilisations minérales (analogues aux exportations dans le cas de l'arachide) d'une production de 1,5 t/ha d'arachide gousses, soit 13,5 kg/ha P_2O_5 . Dans ces conditions le niveau de Phosphore reste identique et cet élément constitue toujours le premier facteur limitant. Pour un rendement plus élevé, la carence s'accroît. Par ailleurs, on induit à moyen terme une carence potassique en exportant avec chaque récolte 36 kg/ha K_2O .

3.2.1. - Techniques mises en oeuvre dans les études de fertilisation

3211 - Diagnostic des carences du sol, de leur gravité et de leur hiérarchie

La technique utilisée a été celle des vases de végétation (méthode R. CHAMINADE). La détermination des carences est réalisée par la comparaison du rendement en matière sèche d'une plante test en présence d'une fertilisation complète ou carencée en un des éléments de la nutrition. Six éléments sont en général étudiés : P-K-Ca-Mg S. oligo éléments. L'expérience comporte neuf traitements avec adjonction de deux témoins dont l'un avec fumure azotée seule.

Différents types de sols du MALI ont été testés de 1965 à 1971 (plus de trente expériences ont été ainsi réalisées).

Deux grands groupes ont pu ainsi être mis en évidence

- Carence principale grave et même très grave en phosphore et soufre
carence secondaire moyenne à faible en potassium

- Sols bruns tropicaux
- Sols ferrugineux tropicaux
 - sur sables
 - sur cuirasses
 - à tâches et corrections
 - lessivés
 - hydromorphes
 - hydromorphes à pseudogley ou sur sur
 - anciens alluvions

Ces sols sont en général destinés aux cultures sèches.

- Carence principale grave en potassium et soufre
Carence secondaire moyenne à faible en phosphore

- Sols hydromorphes de bas-fonds
- Vertisols topomorphes

Il s'agit principalement des sols rizicoles.

Les résultats concernant le soufre doivent être cependant interprétés avec prudence. Si la teneur en S est généralement suffisante pour satisfaire la première coupe, la carence devient brutale à la deuxième coupe décelant un épuisement rapide des réserves assimilables de cet élément.

Le bilan de ces études a été réalisé par M.F. TRAORE

"Evaluation de la fertilité des sols du Mali en vases de végétation".

3212 - Correction des carences dans le sol en place - Courbes de réponse - Fertilisation de redressement

La méthode des vases de végétation n'apporte pas d'indications quantitatives sur les apports qu'il y a lieu de réaliser dans le sol en place pour corriger les carences.

On a fait appel à l'expérimentation directe au champ en utilisant la technique des "courbes de réponse" dont le principe consiste à établir une courbe de rendement d'une culture en fonction de quantités croissantes d'un élément, les autres éléments étant présents en quantité suffisante pour satisfaire les besoins de la plante. On peut ainsi réaliser une première approche de la capacité maximum de production (fertilité potentielle), le plafond de la courbe correspondant à la quantité de l'élément, à apporter pour corriger la carence et assurer une nutrition suffisante à la plante (fumure de redressement et d'entretien de première année).

32121. - Phosphore

La carence principale à corriger dans la majorité des sols étant la carence phosphatée, les études sur la correction de cet élément ont tenu une place importante dans les programmes. La dynamique du phosphore présente un caractère spécifique, car sa faible mobilité dans le sol évite les risques de pertes dans les eaux de drainage, la méthode de correction est donc parfaitement justifiée. Les études ont été conduites en utilisant des engrais phosphatés solubles et les phosphates naturels de Tilemsi.

culture sèche

De l'analyse des différentes expériences conduites depuis 1966 (ITA - SENO - SIKASSO - FANA), il ressort que :

- la correction en phosphore est assurée avec un apport de 80 kg/ha de P_2O_5 soluble et 100 à 120 kg/ha de P_2O_5 sous forme de phosphate naturel de Tilemsi.
- l'arrière action est nette jusqu'à ce jour sur les cultures qui suivent - (5 ans à Kita - 3 ans au Seno). Elle se différencie avec les doses à partir de la 3ème culture.
- les rendements obtenus sont identiques avec les deux formes de phosphore utilisées pour des doses de 80 à 160 kg/ha.
A Kita, les rendements du Maïs passent de 400 kg/ha (Témoin) à 3400 kg/ha (130 N - 80 P_2O_5).
Au Seno, ceux du mil de 400 kg/ha à 1700 kg/ha (90 N - 80 P_2O_5)
- la carence phosphatée principale est nettement mise en évidence à Kita et surtout au Seno où l'azote seul n'a aucun effet sur les rendements du mil.

culture inondée

En riziculture irriguée (KOGONI) les effets du phosphore sont faibles, voire nuls, même aux fortes doses de P_2O_5 . Toutefois, nous avons déjà souligné la faible teneur en P_2O_5 de ces sols et la réponse nette au P_2O_5 obtenue quand ils sont cultivés en conditions exondées. Le problème est donc à repenser s'accompagnant d'analyses fines pour mieux éclairer la dynamique du P_2O_5 en condition de submersion.

En riziculture flottante, les résultats sont similaires à IBETEMI. Les réponses importantes au phosphore ont été enregistrées à MOPTI Sud en 1972 pour les deux formes de phosphore déjà mentionnées et en présence d'azote (rendement passant de 1 t à 2 t en sols argileux et 1,9 à 2,6 t en sols sableux)

Un bilan provisoire sur toutes les études conduites sur le phosphore au MALI a été récemment réalisé par F. JENNY. Cette étude très complète fait état de nombreuses analyses et mesures qui ont accompagné les expérimentations et permettent une interprétation minutieuse des résultats.

C'est ainsi qu'à côté des analyses chimiques du sol et des plantes, d'autres plus précises ont été réalisées : méthode CHANG et JACKSON, méthode isotopique Les bilans de mobilisations minérales, exportations - importations ont été établis pour chaque culture.

32122. - A z o t e

La carence en phosphore étant souvent prépondérante sur celle en azote (sols ferrugineux tropicaux), l'apport de ce dernier élément ne devient efficace qu'à la suite de la correction phosphatée. L'ensemble des expérimentations au champ met en évidence l'importance de la fertilisation azotée sur les rendements des céréales Riz, Maïs, Sorgho, Mil dans un ordre d'efficacité décroissante.

L'effet des doses croissantes sur les rendements est presque toujours dramatique

L'optimum de la fumure est atteint avec :

80 à 100 kg N/ha pour le riz sur les vertisols topomorphes de l'Office et sols similaires (la dose forte étant réservée aux variétés améliorées à pailles courtes ne versant pas et le fractionnement utilisé 3/8 au tallage - 5/8 à l'initiation paniculaire).
Les rendements passent de 35 q/ha (N6) à 55 q/ha (N100)

80 à 120 kg N/ha pour le Maïs et le Sorgho sur les sols ferrugineux tropicaux.
Les rendements passent de 15 q/ha (N0) à plus de 35 q/ha (N120). Le fractionnement utilisé est de type moitié 25 jours après le semis, moitié au début de la floraison mâle (Maïs) ou à la montaison (Sorgho). Avec le Mil, les effets sont linéaires jusqu'à des doses élevées, sans entraîner des accroissements de rendements importants. Il est donc difficile de se prononcer à la lumière de ces premiers résultats pour la dose optimum.

Les résultats montrent l'efficacité des formes ammoniacales (Sulfate, phosphate, Urée). La préférence ira à l'Urée en raison de sa concentration quand la carence en soufre n'est pas reconnue.

On constate l'absence d'effet résiduel de la fumure azotée minérale sur les rendements dans la limite d'une rotation culturale. La productivité de l'azote est la plus élevée entre 0 et 40 kg/ha et décroît ensuite.

Productivité (en kg de grains pour l'apport d'un kg d'azote)

Intervalle	Riz irrigué	Maïs	Sorgho	Mil
0 - 40 N	23	27	19	12
40 - 80 N	19	16	16	-
80 - 120 N	10	13	13	-
120 - 160 N	7	13	-	-

(Compte tenu des prix engrais-céréales, il faut 8 kg de grains pour payer 1 kg d'azote). La fumure azotée intensive a donc beaucoup de chance d'être rentable pour le maïs, riz irrigué, sorgho sur des sols corrigés en P_2O_5 . Cette rentabilité sera d'autant mieux assurée avec du matériel végétal à haute potentialité ou amélioré.

Les analyses végétales ont mis en évidence le fait que les fortes doses d'azote améliorent de façon significative les teneurs en azote des grains, et des pailles et par conséquent la production de protéines brutes.

Un bilan complet des études conduites au MALI "sur la fumure intensive des céréales" a été établi par Monsieur M.F. TRAORE en 1974 et a fait l'objet d'une publication dans l'Agronomie Tropicale.

32123. - Potassium

Une seule courbe de réponse au potassium a été implantée à Kita en 1970. Aucune réponse au potassium n'est observée après 4 ans de culture. L'expérimentation est poursuivie pour confirmation en raison de l'apparition souvent tardive mais très brutale de la carence potassique dans des conditions de culture intensive.

3213 - Conservation de la fertilité acquise

Fertilisation d'entretien

La fertilité ayant été relevée par la fumure de redressement, il importe d'en maintenir le niveau. Le principe consiste à compenser par la fumure annuelle les causes d'appauvrissement des sols. Celles-ci sont constituées en grande partie par les exportations des récoltes augmentées dans une certaine mesure, variables suivant les sols, des pertes par drainage de cations échangeables. Cette fumure doit donc correspondre au bilan brut nul (apports - (exportations + pertes) -
La fertilisation d'entretien dépend donc essentiellement de la nature du végétal alors que la fertilisation de correction est adaptée au sol.

Cette étape de recherche, encore récente à l'IRAT/MALI est abordée dans trois expérimentations conduites à Sotuba, à Kita et au Seno dans le cadre de système de culture.

322. - Etudes des amendements

3 21 - Les phosphates naturels de Tilemsi

Des essais d'utilisation de ces phosphates ont été conduits au MALI depuis plusieurs années. Depuis 1968, leur étude systématique dans le cadre de système de culture a été entreprise.

Les principales conclusions des travaux ont été présentées dans une récente note de F. JENNY "Expérimentation Agronomique sur les phosphates naturels de Tilemsi (MALI) en condition de culture sèche".

Des essais ont également été conduits en sol submergé, mais les faibles réponses au phosphore ont limité nos travaux aux sols ferrugineux tropicaux fortement carencés.

Les points à retenir sont les suivants :

- Le phosphate de Tilemsi a des effets directs et résiduels importants sur les cultures de la rotation (céréales, arachide) jusqu'à trois années après son application, dans les différentes zones étudiées allant de 550 mm à 1100 mm de pluviométrie moyenne annuelle
- L'optimum pour la correction correspond à peu près à 500 kg/ha de phosphate (120 kg/ha P_2O_5)
- La rentabilité des phosphates est nettement affirmée en présence des compléments minéraux N et K adaptés à chaque culture. Le plus souvent, le phosphate peut être considéré comme rentabilisé dès la seconde culture (céréale si la première culture est une arachide ou un cotonnier).
- La correction peut être appliquée sur la sole de régénération en tête de rotation. Toutefois dans les sols du SENO, un apport fractionné s'avère supérieur à l'épandage en totalité en tête de rotation. La correction peut donc être appliquée en une ou plusieurs fois selon la trésorerie.
- Le phosphate de Tilemsi a un effet très comparable à celui obtenu avec le Super Triple. Toutefois on enregistre dans certains cas de plus values arithmétiques sensibles avec le Super Triple dont l'action est plus rapide.

Il n'est pas possible de calculer avec précision la rentabilité de l'emploi de ce phosphate naturel étant donnée que les conditions d'extraction et de livraison de ce produit sont encore à l'étude.

Il est toutefois certain que la carence phosphatée quasi générale des sols du MALI peut rapidement être redressée grâce à un apport unique de phosphate tricalcique produit au MALI. Selon la trésorerie, la correction de cette carence peut être redressée par étape. A partir d'un certain seuil, il n'y a plus intérêt à apporter régulièrement au sol plus d'acide phosphorique que n'en exportent les plantes.

En attendant les résultats précis des expérimentations sur le fumure d'entretien on peut déterminer cette dose en calculant la moyenne annuelle exportée globalement par les récoltes d'un assolement et apporter cette dose chaque année. On peut fixer en première approximation, après correction avec 500 kg de phosphate de Tilemsi, à 50 kg/ha de P₂O₅ la dose moyenne annuelle nécessaire pour un assolement à base de sorgho - mil ou maïs. Cette dose peut être réduite dans le cas de restitutions partielles ou intégrales des résidus de récolte.

3222 - Amendements organiques

32221 - Le fumier de ferme

L'effet du fumier a été étudié à M'Posoba dans un essai pérenne conduit de 1960 à 1969.

L'expérimentation met en évidence l'effet du fumier sur l'amélioration des rendements des cultures d'une rotation quadriennale classique. On observe également un effet résiduel important quatre ans après son application.

	Cotonnier	Sorgho	Arachide	Sorgho
Témoin	1040	1140	1610	1120
t/ha fumier r jachère	1420	1480	1940	1430

Le bilan de cette expérimentation a été réalisé par C. PIERI dans le cadre de son étude sur la fumure des céréales des cultures sèches en 1969.

32222 - Les résidus de récolte

Deux expérimentations ont été mises en place à KOGONI (pailles de riz) et au SEND (tiges de mil) par M.F. TRAORE. Les conclusions dans l'état actuel d'avancement des travaux sont peu nombreuses.

La matière organique apportée sous la forme non évoluée a un effet dépressif la première année de son enfouissement. Ceci est d'autant moins accentué que l'alimentation en eau de la plante est satisfaisante et que la fumure azotée appliquée est élevée. Cet effet n'est plus observé en deuxième année de culture à Kogoni. Sur le témoin sans azote, l'apport de la matière organique semble même bénéfique, bien que non significatif.

Sans négliger pour autant l'aspect organique, l'étude des quantités d'éléments prélevés par les plantes a montré que l'on pouvait retrouver une très forte proportion de certains d'entre eux (Potassium, Azote) dans les résidus de récolte.

En raison de leur coût, il est impossible d'utiliser les seuls engrais minéraux pour entretenir la fertilité des sols, c'est dans cette perspective que le recyclage des résidus de récolte devient donc notre préoccupation majeure. Ce volet constitue à lui seul une fiche d'opération dans les propositions de programme. Dès cette année, un dispositif complet a été implanté, avec différentes variantes, dans les principaux points d'appui de la recherche au Mali.

Une note détaillée précise avec les objectifs les conditions de réalisation de cette étude - "Utilisation des résidus de récolte par J.F. POULAIN".

323 - Etude de la fertilisation à l'échelon d'un système de culture

Conclusions

Une expérimentation d'un grand intérêt a été réalisée à M'Pesoba de 1963 à 1969 dans le cadre d'une rotation cotonnier - sorgho - arachide - jachère.

Les traitements mis en comparaison étaient les suivants :

- F1 pas de fumier
- F2 fumure minéral annuel sur chaque culture
- F3 fumure organique seule (15 t/ha sur cotonnier)
- F4 fumure organo-minérale (F2 + F3)
- F5 fumure de rotation avec phosphatage de fond sur jachère enfouie, fumure organique et compléments minéraux à chaque culture.

Les résultats moyens annuels obtenus (7ans) sont consignés dans le tableau ci-dessous (kg/ha de produits utiles)

	F1	F2	F3	F4	F5
Cotonnier	570	1190	1270	1650	1730
Sorgho	490	1350	970	1530	1980
Arachide	920	1480	1130	1610	1770

On note la nette supériorité du système F5 permettant d'obtenir des rendements, notamment en céréales, les plus élevés et les plus réguliers dans le temps (observation année par année).

Ce système correspond à une amélioration foncière impliquant

- un labour d'enfouissement (jachère enfouie) et apport complémentaire de fumier
- la correction de la carence phosphatée en tête d'assolement
- les applications périodiques de fumures minérales

On peut toutefois regretter que l'état d'avancement des travaux de la recherche n'ait pas permis de mieux adapter les fumures d'entretien à chaque culture (absence de K₂O sur cotonnier).

On constate que les engrais minéraux procurent des accroissements de rendement supérieurs à ceux obtenus avec un seul apport de fumier. On enregistre également l'absence d'additivité des effets du fumier et de l'engrais combinés. En fait l'action limitée de la fumure organo-minérale peut s'expliquer par le déséquilibre induit du fumier dans un sol non corrigé en phosphore. Le fumier, qui n'est que le reflet du sol, est en particulier trop pauvre en phosphore pour que les autres éléments (singulièrement le potassium) puissent être utilisés de façon satisfaisante.

En outre, en raisonnant au niveau de l'exploitation, le fumier est une pratique appauvrissante en transférant les éléments fertilisants d'une zone (pâturage) au bénéfice d'une autre.

L'intérêt d'une fumure organique à base de fumier ou mieux de résidus de récolte reste entier si on restitue au sol par des améliorations foncières, sa fertilité potentielle.

L'équilibre du bilan potassique ne peut être réalisé d'une manière économique que par la restitution la plus complète des déchets de récolte.

Nous n'avons pas évoqué les problèmes que pose le calcium, en l'absence de réponse à cet élément dans les quelques tests réalisés. Il est certain que l'intensification entraîne des pertes importantes en cet élément et qu'il y aura lieu dans l'avenir de se soucier de l'évolution du PH et de rechercher et tester des amendements calciques susceptibles d'être produits localement. (les phosphates de Tilemsi ne peuvent servir d'amendements calciques).

L'ensemble des résultats expérimentaux présentés nous conduit à penser en dernière analyse que le problème de la régularité des forts rendements (singulièrement sur céréales) et l'accroissement du potentiel de fertilité du sol semble pouvoir trouver sa solution dans l'application des thèmes suivants :

- fixation des cultures
- correction de la carence phosphatée (Tilemsi)
- rotation adaptée tenant compte des contraintes socio-agro-économiques
- travail du sol satisfaisant (labour aux boeufs)
- fumure d'entretien en liaison avec les exigences des cultures
- restitution maximum des déchets de récolte en cours de rotation.

Si les thèmes légers (fumure minérale faible, techniques culturales simples améliorées) doivent être rapidement proposés à tous les cultivateurs, les systèmes intensifs ne pourront s'adresser qu'aux meilleurs. Nous nous proposons à très court terme d'élaborer et d'évaluer des systèmes techniques de culture et de production adaptés à chaque zone écologique du MALI Agricole et de tester en liaison avec les Opérations de développement la valeur des thèmes proposés et combinés au niveau de l'exploitation en intégrant donc l'attitude économique, social et psychologique.

4. - LES TECHNIQUES CULTURALES

4.1. - Cultures sèches

Parallèlement aux travaux d'amélioration variétale et de fertilisation, les techniques culturales des cultures sèches ont été définies. Des fiches élaborées chaque année, à l'attention des vulgarisateurs, rassemblent pour chaque culture la suite des techniques depuis la préparation des terres jusqu'à la conservation des récoltes.

Cependant, il apparaît à la suite des résultats obtenus dans le cadre de la deuxième orientation que certaines recherches doivent être approfondies pour mieux évaluer les techniques culturales susceptibles d'améliorer le régime hydrique des sols, le taux d'utilisation de l'azote, et l'accroissement du niveau de matière organique. Elles font l'objet d'une fiche d'opération proposée dans le deuxième volet du document et seront conduites à l'échelon d'un système de culture.

4.2. - Riziculture irriguée

Les techniques culturales essentielles ont été mises au point simultanément aux premières phases de la recherche variétale. Densité de semis, écartements, dates de semis et modalité de repiquage ont ainsi été définis.

De nombreuses recherches ont été réalisées sur ce type de riziculture dans le monde et il s'agit essentiellement de recherches d'adaptation.

4.3. - Riziculture flottante

Des travaux originaux ont été conduits sur ce type de riziculture depuis 1971. Ils ont été réalisés en appui à l'Opération Riz MOPTI. Les principaux matériels et les techniques culturales adaptés à ce type de riziculture peuvent dès maintenant être recommandés.

Des stades intermédiaires ont été prévus, particulièrement pour la vulgarisation des matériels.

431 - Résultats concernant le matériel

4311 - Labour

On peut conseiller

- Pour sols lourds

dans un premier stade : culture attelée légère avec charrue Bajac B4 et B2 pour labour en planches

dans un deuxième stade : Brabant Bajac Do

- Pour sols légers

dans un premier stade : Charrue Bajac B4

dans un deuxième stade : Ariana

4312 - Préparation du lit de semences

- Les travaux ont mis en évidence l'intérêt du matériel à dents multiples (Canadien) qui sur Labour de fin de cycle réalise en une seule fois la reprise et la préparation du lit de semences.

- Sur labour de début de saison ou de reprise, le canadien donne de bons résultats. La Herse a également un bon comportement sous réserve d'utiliser le matériel adapté, soit

- en sol léger : herse légère type Garnier
- en sol lourd : herse lourde type Someca

Le canadien, plus polyvalent que la herse doit être le premier matériel à vulgariser. Dans les sols lourds, le choix de ce matériel est important, car les rendements y sont étroitement subordonnés.

4313 - Semis

Le prototype de semoir Nodet - Gougis testé à Mopti est entré en fabrication. Il est qualifié "Type MOPTI". Sa diffusion est en cours.

4314 - Binages

Parmi les matériels testés, c'est l'Ariana qui donne les meilleurs résultats grâce à sa stabilité.

En sols sableux équipés de trois dents pour biner les trois interlignes correspondant au passage du semoir les résultats sont satisfaisants.

En sols argileux, nous serons plus réservés car cette opération s'avère difficile à réaliser correctement. Il semble en effet qu'il y ait une incompatibilité entre l'obtention d'un lit de semences grossier et la possibilité de biner (les mottes entravant fortement le passage des roues de l'Ariana). D'autre part le binage est difficile à réaliser dans ces sols lourds, Dans ce type de sol les essais se poursuivent avec de nouveaux matériels et de nouveaux écartements.

4.3.2. - Résultats sur les techniques culturales

4321 - Labour

L'époque et l'état du sol au moment du travail ont une grande influence sur les rendements.

On enregistre un effet important du labour de fin de cycle avec des conséquences intéressantes : gain de temps en début de cycle, meilleur drainage et conservation des premières pluies, lutte contre le riz à zones.

Pour le labour de reprise et de début de cycle, il faut différencier l'époque du labour et l'époque du semis car un laps de temps important et quelquefois s'écouler entre les deux, entraînant l'obligation d'une reprise à la herse ou au canadien.

On n'observe pas de différence entre les profondeurs de labour. L'enfouissement des pailles est impossible à réaliser en raison de la masse trop importante de matière sèche (brulis précoce le plus recommandable en attendant une utilisation rationnelle des pailles de riz par un élevage intégré à l'exploitation).

4322 - Préparation du lit de semences

La supériorité du lit de semences grossier sur le lit de semences fin est confirmée avec les conséquences suivantes : diminution du glaçage donc du ruissellement, gain de temps à une époque critique, meilleure rétention en eau, réalisation plus facile.

4323 - Semis

Le semis à faible profondeur donne les meilleurs résultats en sols argileux. Sur sols sableux, la profondeur a moins d'importance.

4324 - Temps de travaux

Les principaux goulots d'étranglement ont été identifiés. Ils se situent aux époques suivantes :

~~Labour de début de cycle et reprise~~

~~Semis~~

~~Rinages~~

Récolte - battage , labour de fin de cycle

4.3.3.- Problème de la traction - Conclusions

Il semble qu'il soit difficile d'améliorer les techniques de culture sans augmenter l'effort de traction.

Les animaux doivent être bien dressés et recevoir un complément d'alimentation à l'époque des travaux. Le joug amélioré doit être rapidement vulgarisé. On peut également envisager le double attelage pour gagner en puissance.

La culture attelée lourde est un stade que l'on pourra difficilement sauter. Il importe donc de ne pas axer seulement les efforts de vulgarisation sur la culture légère et de promouvoir le plus tôt possible la culture lourde chez les paysans "de tête". C'est la seule méthode pour ajuster l'exploitation aux conditions agro-socio-économiques et entrer délibérément dans la phase d'intensification. Ajoutons que ces deux phases ne peuvent en aucune façon être opposées, mais doivent apparaître chronologiquement comme complémentaires.

NOTA : Les résultats enregistrés par G. VALLEE, en collaboration avec les agents de l'Opération Riz Mopti ont fait l'objet de fiches techniques adaptées à la vulgarisation en 1974.

C. - LES MOYENS UTILISES

1. - LES CONVENTIONS PASSEES ENTRE LE MALI ET L'I.R.A.T.

La réalisation des programmes de recherches et l'obtention des résultats présentés dans le chapitre précédent ont été possibles grâce à :

— des Conventions d'Assistance Technique entre l'IRAT et le MALI avec la participation financière :

- du Budget Malien
- du Fond Français d'Aide de Coopération (FAC)
- du Fond Européen de Développement (FED)
- de l'Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest (ADRAO)

— l'entretien et le renforcement des infrastructures et matériels

— la présence de personnel hautement qualifié.

Les diverses conventions avec leurs objectifs et leur financement sont rassemblées dans le tableau qui suit :

RELEVÉ DES CONVENTIONS PARTICULIÈRES
DONT A BÉNÉFICIE L'I.R.A.T. - MALI DE 1962 A 1974

FINANCEMENT	PROJET	BUT DE LA CONVENTION	MONTANT
A C	62-63	Participation à la recherche agronomique	480.000 FF
A C	1/C/64/B	Equipement des Stations MOPTI IBETEMI NIONO KOGONI	265.000 FF
A C	2/C/66/B	Equipement des Stations I.R.A.T.	324.000 FF
A C	12/C/69/B	Equipement P.A.R. KITA	72.000 FF
A C	89/C/70/B	Renforcement des Actions de recherche dans l'Opération Riz MOPTI	776.000 FF
E D	214.011.39 70 - 72	Lutte contre les Riz sauvages MOPTI	4.700.000 FM
A C	17/C/71/B	Equipement des Stations de MOPTI et de KOGONI	5.640.000 FM
E D	3-100-33-11- 13 1972-74	Installation et Fonctionnement du P.A.R. SIKASSO	19.400.000 FM
ADRAO	HTH/ab 01 1387/73	Essais Coordonnés Riz	6.500.000 FM par an en 73 et 1974
A C	55/C/73/B	Actions sur P.E.P. (Zono Opération Arachide)	5.366.000 FM
		<u>ETUDES PEDOLOGIQUES</u>	
FINANCEMENT F E D (CFDT)		PROSPECTION FANA 1969	4.395.000 FM
BIRD (Opération MOPTI)		Etudes Morpho-pédologiques de quelques plaines du Delta vif du Moyen-Niger - 1973	(14.042.000 FM) (IRAT/SIEGE)
BIRD (Opération MOPTI)		Avenant pour extension de l'étude.	2.290.000 FM

CONVENTION IRHO - MALI (GESTION IRAT)

F A C	50/C/71/B	Programme de recherches appliquées	1972-73	27.600.000 FM
F A C	55/C/73/B	sur Arachide	1973-74	13.670.000 FM

NOTE Il faut également souligner la présence d'un assistant de Recherches de l'IRAT attaché à l'Opération Riz MOPTI (recherche d'accompagnement) : convention SCET/MALI (convention particulière SCET/IRAT depuis fin 1970.)

PREVISIONS 1975 (Sous réserves)

F E D	P A R Sikasso		5.000.000
F E D	Yanfolila (1976 ?)		3.000.000
BIRD (suite FAC)	P E P Opération arachide		4.000.000
B I R D (suite FAC)	Programme de recherches sur arachide		6.300.000 (?)

La Convention Générale d'Assistance Technique en matière de recherches du 23 mai 1962 passée entre le Gouvernement de la République du Mali et l'I.R.A.T. porte sur les actions suivantes :

- 1°) - Une mission générale de documentation dans les domaines de l'Agronomie générale et des Cultures Vivrières tropicales.
- 2°) - La réalisation de programme de recherches en matière d'Agronomie générale et de cultures vivrières.
- 3°) - L'Assistance technique au Gouvernement du Mali pour l'exécution de tâches d'organisation générale et de direction d'actions de recherches.
- 4°) - L'exécution par des spécialistes qualifiée de missions temporaires au Mali pour l'étude de problèmes particuliers qui pourraient se présenter au Gouvernement de cet Etat.
- 5°) - Des travaux d'analyse et de conseils techniques notamment en matière de méthodologie expérimentale et d'interprétation statistique.
- 6°) - La participation à la formation de personnel spécialisé au moyen de stages du perfectionnement organisés dans les centres ou établissements les plus appropriés.

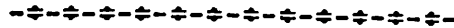
Cette Convention avait été modifiée au cours de l'année 1969 par l'adjonction d'un avenant à l'occasion de la prise en charge de la Section d'Amélioration variétale des plantes oléagineuses annuelles concernant l'arachide notamment, implantée sur l'I.P.R. de KATIBOUGOU.

Les recherches sur la Canne à sucre ont été arrêtées à la demande du Gouvernement Malien le 30 juin 1968.

2. - DOTATIONS FINANCIERES ALLOUEES DANS LE CADRE DE LA CONVENTION GENERALE

Celles-ci sont recapitulées dans le tableau qui suit pour la période 1962 - 1974.

DOTATIONS FINANCIERE (MALI)



CONVENTION GENERALE

2.1. - Budget de Fonctionnement

<u>Exercices</u>	<u>Montants</u>	<u>Observations</u>
Budget 1.1.62 au 30.6.63	31.193.000 FM	
1.7.63 au 30.6.64	27.936.250 FM	
1.7.64 au 30.6.65	24.600.000 FM	
1.7.65 au 30.6.66	33.745.000 FM	
1.7.66 au 30.6.67	38.146.000 FM	
1.7.67 au 30.6.68	38.146.000 FM	
1.7.68 au 31.12.68	30.000.000 FM	
<hr/>		
1.1.69 au 31.12.69	60.750.000 FM	dont 7.885.000 restent à percevoir.
1.1.70 au 31.12.70	68.000.000 FM	dont 34.000.000 restent à percevoir
1.1.71 au 31.12.71	62.950.000 FM	
1.1.72 au 31.12.72	63.900.000 FM	dont 7.900.000 restent à percevoir
1.1.73 au 31.12.73	63.900.000 FM	
1.1.74 au 31.12.74	66.851.000 FM	
<hr/>		
ions 1.1.75 au 31.12.75	116.400.000 FM	(dont 72.000 personnel 62% 44.000 autres dépenses 38%

2.2. - Budget d'Equipement

<u>Exercices</u>	<u>Montants</u>	<u>Observations</u>
4 ^e trimestre 1961 - année 1962	29.000.000 FM	
2 ^e semestre 1963 - 1 ^{er} semestre 64	16.050.000 FM	
2 ^e semestre 1964 - année 1965	10.000.000 FM	
2 ^e semestre 1966 - 1 ^{er} semestre 67	7.100.000 FM	
2 ^e semestre 1967 - 1 ^{er} semestre 68	16.115.000 FM	
1970	10.340.000 FM	dont 5.170.000 restent à percevoir
1971	12.050.000 FM	
1972	8.100.000 FM	
1973	21.909.000 FM	
1974	18.885.000 FM	
<hr/>		
<u>Prévisions 1975</u>	55.640.000	<u>dont</u>
		Aménag. SOTUBA 12.500.000
		KOGONI 16.000.000
		Véhicules 6.300.000
		Equi. SOTUBA (dont labo partiellement) 16.310.000
		Autres aménagements et Equi. PAR 4.530.000

2.3. - Commentaires sur les règlements

2.3.1. Insuffisance des crédits eu égard aux augmentations des coûts depuis 1969

L'examen des précédents tableaux met en évidence deux grandes périodes au cours desquelles les budgets de fonctionnement ont peu évolué (doublement en 1969)

de 1962 à 1968 inclus - environ 30.000 F.M.

de 1969 à 1974 - environ 60.000 F.M.

Le budget d'équipement a été très irrégulier et n'a jamais permis de réaliser les aménagements, équipements et renouvellements souhaités.

Il faut également signaler que les retards de règlement ont souvent entravé le déroulement normal des travaux (singulièrement ceux relatifs à l'équipement et aménagement). Ces inconvénients sont plus sensibles depuis quatre ans où le volume des activités, les salaires et les coûts des matériels ne sont notablement accrus alors que les budgets sont bloqués au même niveau depuis 1969 - L'I.R.A.T. assure la formation des nouveaux cadres qui lui sont affectés - Chaque année cet accroissement de personnel très sensible depuis 1972 entraîne des dépenses qui sont les plus souvent imprévisibles et non budgétisées en début d'année.

2.3.2. Crédits impayés

En raison de l'insuffisance des dotations allouées en 1969-70 et 72 (les crédits arriérés fonctionnement et investissement impayés à l'IRAT s'élèvent à ce jour à 54.405.500 F.M.) pour l'exécution des programmes, les responsables de l'IRAT/Mali ont été amenés à employer une partie notable des crédits d'équipement pour faire face aux dépenses incompressibles de fonctionnement (salaire énergie, engrais...). L'état de dégradation de la station de Recherche Rizicole de KOGONI est particulièrement alarmant et les travaux sont urgents : planage des sols, ouvrages régulateurs, réfection des réseaux d'irrigation et de drainage, bâtiments... ; un retard supplémentaire entraînerait des dépenses très importantes. C'est surtout pour réaliser ses travaux et pour équiper le laboratoire des sols que ces arriérés sont instamment sollicités. Concernant ce dernier point, soulignons qu'un ingénieur chimiste des sols et de bonne formation est affecté depuis un an à SOTUBA et que ses activités sont très limitées en raison de l'absence de produits et d'équipements de laboratoire

2.4. - Budget 1975 - Justification

Une note de présentation a été établie avec le projet de budget 75. Cette note expose les raisons de l'augmentation importante des budgets de fonctionnement et d'équipement.

Nous retiendrons les points suivants :

- Extension des activités de l'IRAT suite aux diverses recommandations des comités nationaux de la recherche agronomique (Laboratoire - Prospections pédologique - Amélioration des céréales de cultures sèches - Etudes des techniques culturales - Appui aux opérations de développement.

- Personnel salarié permanent sensiblement identique à l'effectif 74
- Personnel salarié temporaire en augmentation (proportionnel à l'accroissement d'activités)
- Personnel de la fonction publique - Ingénieurs et agents de maîtrise en nette augmentation.
- Dépenses de fonctionnement (autre que personnels) en augmentation importante : Nombre d'ingénieurs maliens doublé - Nombre de Stations, P.A.R., P.E.P. plus élevé - Prix des marchandises : matériaux, semences, énergie, engrais, augmentation de 30 à 100 %).

— L'importance des Budgets d'équipement se justifie par :

- Les réfections diverses et urgentes qui s'imposent sur la Station de KOGONI
- L'équipement du laboratoire des sols de SOTUBA
- La nécessité de prévoir des bureaux à SOTUBA pour les nouveaux ingénieurs maliens récemment affectés à l'Institut.

On notera que le budget présent en 1975 est en accord avec les prévisions du programme et des opérations de recherche qui seront exposées et budgétisées dans la deuxième partie du document.

3. - SUBVENTION FRANÇAISE ATTRIBUÉE POUR LE PERSONNEL EXPATRIÉ EN SERVICE AU MALI

Le tableau ci-dessous présente le montant des crédits FAC attribués au cours des années pour le règlement des salaires des agents expatriés de l'I.R.T.

1962	25.748.000 F.M.
1963	38.274.300 F.M.
1964	36.687.000 F.M.
1965	42.000.000 F.M.
1966	45.450.000 F.M.
1967	48.090.000 F.M.
1968	52.300.000 F.M.
1969	52.490.000 F.M.
1970	56.080.000 F.M.
1971	58.220.000 F.M.
1972	60.860.000 F.M.
1973	66.280.000 F.M.
1974	71.930.000 F.M.
Prévisions 1975	80.600.000 F.M. (sous réserve)

On notera une augmentation régulière de ces crédits selon le nombre de chercheurs de l'I.R.T., et l'accroissement du coût des salaires dans le temps.

	MALI Fonctionnem.	MALI Equipement	TOTAL MALI	FINANCEMENT F A C	% F A C	% MALI Fonctionn.	% F A C	% MALI TOT.L (Fonc.+Eq.)
1962 à 1968 (7 ans)	223.766.250	78.265.000	302.031.250	289.549.900	56,3	43,7	48,9	51,1
1969	52.865.000*	- *	52.865.000	52.490.000	49,8	50,2	49,8	50,2
1970	34.000.000*	10.340.000*	44.340.000	56.080.000	62,3	37,7	55,8	44,2
1971	62.950.000	12.050.000	75.000.000	58.220.000	48,0	52,0	43,7	56,3
1972	56.000.000*	8.100.000	64.100.000	60.860.000	52,1	47,9	48,7	51,3
1973	63.900.000	21.909.000	85.809.000	66.280.000	50,9	49,1	43,6	56,4
1974	66.851.000	18.885.000	85.736.000	71.930.000	51,8	48,2	45,6	54,4
1969 - 1974 (6 ans)	336.566.000	71.284.000	407.850.000	365.860.000	52,1	47,9	47,3	52,7
TOTAL 1962-74 (13 ans)	560.332.250	149.549.000	709.881.250	654.409.900	53,9	46,1	48,0	52,0

* Dotation allouée inférieure au financement prévu

D A M A K O

1962 1963 1964 1965 1966 1967 1968 1969 1970 1971 1972 1973 1974

Chef d'Agence
(avec mention de la Spécialité)

EIL < > FRANC < > B O N O < > CATHERINET < > JENNY < > POULLIN
(Riz) (AGP) (AMS) (AMS) (interim) (AGP)

Respons. program. Amélioration
Mil - Maïs - Sorgho

B O N O < > SAPIN < >

Respons. programme Agropédo.

WEIL < > PIERI < > JENNY < > THIBOUT

Chef de Cult. Service Général
Expérimentation extérieure

BARON < >
BARON

KOGONI

agronome généraliste
Améliorat. de la Riziculture

WEIL < > GUEGAN < >

M O P T I

Amélioration de la Rizicult.

MARCHAIS < > BIDAUX < > MARTIN < > SAPIN < >

Techniques cult. Riz flottant
Production de semences
Expériment. multilocale

GUEGAN < > VALLEE < > (ORM)
GERMENOT < >

NIONO

Canne à Sucre

PERNOT - DUBREUIL < > DENCAUSSE < >

KOULIKORO

Oléagineux annuel

GERMENOT < > ROUSSEL (IRHO) < >

NOTE : On notera que les Chefs d'Agence ont toujours cumulé leur fonction avec la responsabilité d'un programme.

Malgré le doublement du budget malien à partir de 1969, on notera la faible variation dans la répartition des financements pour les deux périodes considérées 1962-68 et 1969-74 - En effet le pourcentage de la part France passe de 48,9 % à 47,3 % ou de 56,3 % à 52,1 % selon la présence ou non de l'équipement dans l'enveloppe budgétaire malienne - Pour l'ensemble des quatorze années, la part France est de 48,0 % ou 53,9 %, budget d'équipement inclus ou exclus dans la part du Mali.

4. - LES MOYENS EN PERSONNEL

Le dispositif de l'I.R...T. a été décrit au chapitre d'introduction.

Les moyens en personnels sont rassemblés dans les tableaux qui suivent au fil des années.

4.1. - Etat nominatif et calendrier des mouvement du personnel expatrié d'assistance technique à l'IRAT de Mai 1962 à 1974

Cette situation est présentée dans le tableau de la page précédente.

4.2. - Situation du Personnel Malien

4.2.1. - Situation en 1967

	DIR.	AGRO- PEDO.	Amélior. M.SORGHO	KUGONI	MOPTI	NIONO	TOTAL
1° INGENIEURS ET TECHNICIENS							
- Ingénieurs		1	1				2
- Ing.travaux spéc.							
- Ingénieur travaux			1				2
- Conducteurs.....				2	1	2	5
- Moniteurs.....							
- Observateurs non fonctionnaires		2	3	3		1	9
2° EMPLOYES BUREAU							
- Secrét.Compt, Secrét	1						1
- Dactylo		1		1		1	3
- Planton	1						1
3° M.IN-D'OEUVRE							
- Chauffeurs.....	1	1		1	2	1	6
- Ouvriers				2	1		3
- Gardiens							
Man.permant.)...)	2	3	13	13	9	9	49
- Manoeuvres saison. (moyenne sur 12 mois)		3	10	5	15	21	54
TOTAL	5	11	28	27	20	34	135

	DIRECTION	GROPEOLOGIE	AMELIORATIONS	KOGONI	MOPTI	KITIA	SIKASSO	SENO	KOULIKORO	MASSANTOLA	SEFETO	GOUNFAN	SADIOLA	RECYCLAGE	TOTAL
1° INGENIEURS ET TECHNICIENS															
Ingénieurs	1	3	2												
Ingénieurs des Travaux				2										1	6
Conducteurs		1	1					1						1	4
Moniteurs		2	1	4	2	1	2	2	2					1	4
Observateurs non fonctionnaires et Chefs d'équipe fonctionn.		2	2	9	4	2	1	2		1	1	1	1		18
															22
2° EMPLOYES DE BUREAU															
Secrétaire de direction	(1)*														
Dactylos	4			1	1										1
Plantons	1			1	1				1						7
									1						4
3° OUVRIERS															
Chauffeurs et mécaniciens	3			4	2				1						10
Ouvriers spécialisés				6											6
Gardiens	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1		16
Manœuvres permanents		8	8	57	16	3	6	3	6	8	8	8	8		107
Manœuvres saisonniers		4	10	10	20	10	15	10	11						122+
TOTAL	12	22	26	94	48	17	25	17	23	10	10	10	10	3	327

()* Secrétaire de Direction non remplacé depuis 1974

+ Main d'œuvr saisonnière calculée sur une moyenne de 12 mois (fourchette 110 à 150 selon l'année).

4.2.3. - Evolution des effectifs

De 1967 à 1974, la progression suivante pour les différentes catégories de personnels a été enregistrée :

	1962	1974	Accroissement relatif
Ingénieurs	2	6	200 %)
Autres Cadres	7	26	270 %)
			260 %
Employés	126	295	135 %
Total effectif	135	327	142 %

Les accroissements relatifs d'effectifs mentionnés sont à mettre en rapport avec ceux des budgets de fonctionnement qui n'ont été que de 75 % (38.146.000 FM en 1967, 66.851.000 FM en 1974).

On mesure mieux à la suite de cette comparaison les difficultés budgétaires grandissantes de l'agence alors que les dépenses imputables au personnel représentent plus de 60 % du budget total de fonctionnement.

5. - LA FORMATION

Depuis son installation l'IRAT a accueilli un certain nombre d'Ingénieurs Maliens. Ceux-ci ont pris rapidement en charge une partie des programmes de recherches. Ils ont généralement reçu une formation complémentaire spécialisée soit sur place, au sein même de la cellule de recherche dans laquelle ils étaient affectés, soit en France auprès des services techniques centraux de l'I.R...T.

Nous citerons plus particulièrement

- M. JONDOT Pedologie
- L. SOUMARE Amélioration des plantes
- C. DEMBELE Entomologie
- M.F. TRAORE Agronomie - Gestion

Certains ont également suivi des stages dans des pays voisins où l'IRAT est présente. Ainsi M.F. TRAORE a pu parfaire sa formation en matière d'expérimentation agronomiques au Centre National de Recherches de BAMBEY sous la conduite de l'actuel Chef d'Agence de l'IRAT/MALI, alors responsable des programmes de fertilisation au C.N.R.n. de BAMBEY.

Avec l'accord du Gouvernement Malien, les Agents nationaux ou expatriés de l'I.R...T./MALI participent à de nombreuses réunions de programmation ou de synthèses où ils présentent leurs travaux. Ces réunions sont :

soit internes à l'Institut en vue d'améliorer son efficacité dans un cadre régional intéressant éventuellement plusieurs états.-
soit en collaboration avec des organismes internationaux (FAO, IITA, OUA etc...) pour l'amélioration des échanges et une collaboration à un niveau régional entre les zones francophones et anglophones. Les frais de missions et de voyages des Agents nationaux sont presque toujours pris en charge par le Siège de l'IRAT ainsi que des compléments de bourses pour pallier à l'insuffisance du montant de celles octroyées.

Les Agents expatriés apportent également leur contribution à la formation des agents techniques à tous les niveaux. Ces tâches sont souvent ingrates et absorbent une partie importante de leurs temps. En 1974, la responsabilité de la gestion administrative et comptable a pu être confiée en cours d'année à un cadre malien après une formation en double commande quelques mois.

Les cadres nouvellement affectés peuvent assurer très rapidement le rôle d'assistant de recherches. Toutefois, un complément théorique et surtout pratique est le plus souvent indispensable pour atteindre le niveau d'ingénieurs de recherches de conception.

La formation agronomique reste essentielle. Son absence handicape au départ les cadres de formation scientifique générale sortant des Universités. Elle ne peut le plus souvent s'acquérir seulement par des stages ou des recyclages, car elle est aussi le fruit d'observations, et de contacts permanents avec le milieu rural. Cette formation et cette expérience, seule la vie pratique et ses contraintes peuvent la donner

