

LE POINT DES RECHERCHES RIZICOLES AU MALI

par

M. BONO

Ingénieur en Chef de Recherches
Directeur de l'IRAT Mali

L. MARCHAIS

Ingénieur de Recherches
Généticien du Riz (IRAT Mali)

INTRODUCTION

En regardant une carte du Mali, on ne peut qu'être frappé par l'importance du réseau hydrographique qui arrose une grande partie du pays, notamment les régions parcourues par le Niger, ses affluents et ses défluent. La Vallée du Niger, au Mali, s'étend de la frontière Guinéenne jusqu'à Tombouctou, suivant un axe grossièrement orienté vers le N-E puis s'infléchit vers l'est et le S-E jusqu'à la frontière de la République du Niger : la distance parcourue par le Fleuve à l'intérieur du pays est de l'ordre de 1.500 km.

Il n'est donc pas étonnant qu'en fonction de ces dispositions naturelles la riziculture traditionnelle soit très ancienne et que les Pouvoirs Publics et les techniciens se soient attachés, dès qu'ils l'ont pu, à tirer le meilleur profit de ce que leur offrait la Nature*.

Il apparaît que le Mali est plus favorisé que ses voisins sur ce terrain et que sa vocation rizicole est certaine. D'ailleurs, l'un des buts des aménagements qui y ont été réalisés était de créer un grenier à riz dans le cadre de l'ex-AOF pour suppléer aux importations croissantes de riz étrangers faites, notamment, par le Sénégal et la Côte-d'Ivoire.

Enfin, s'il est difficile de chiffrer la potentialité du Mali en terres rizicultivables, divers auteurs qui ont étudié la question n'hésitent pas à parler de plus du million d'hectares.

Avant de passer à la mise au point des Recherches Rizicoles faites au Mali, il nous paraît utile de situer rapidement l'importance de la riziculture.

IMPORTANCE, CADRE ET CONDITIONS DE LA RIZICULTURE AU MALI PERSPECTIVES POUR L'AVENIR

A) Importance de la riziculture.

La Riziculture traditionnelle est pratiquée dans tout le Mali : dans la vallée du Niger et ses affluents, dans les régions traversées par le fleuve Sénégal et ses affluents, dans les zones à forte pluviométrie.

C'est cependant uniquement dans la vallée du Niger, ancienne et actuelle, et dans celle de son principal affluent, le Bani, que sont concentrés les aménagements.

* Le Delta Central a été probablement le centre d'origine d'une espèce cultivée de riz flottant rouge *Oryza glaberrima* STEUDEL et de diverses espèces de riz sauvage.

Le tableau suivant donnera une idée des superficies cultivées, de l'importance des aménagements et de la production.

Région de	Kayes	Bamako	Sikasso	Ségou	Mopti	Gao	Office Niger	Total
Surface totale cultivée (ha)	15.200	10.800	13.400	29.500	83.400	38.200	29.000	219.500
Surface mise en valeur dans les aménagements (ha)		1.630	716	18.660	4.420	300	29.000	54.726
Surface en culture traditionnelle (ha)	15.200	9.170	12.684	10.840	78.980	37.900	—	164.774
Production totale riz (t)	10.400	8.300	12.500	31.500	65.000	32.400	40.000	200.100
Commercialisation : achat à la production 1964-65 : paddy (t)	—	—	240	822	893	—	22.000	23.955
riz étuvé (t)	—	186	—	1.720	—	—	—	1.906
riz (t)	—	—	61	—	1.134	—	—	1.195

Le paddy récolté est traité dans sept rizeries :

OFFICE DU NIGER.	Capacité (t)
Kokry	6.000
Molodo	30.000
Kolongotomo	12.000
SECTEUR PRIVÉ.	
Tamani	2.500
SECTEUR ADMINISTRATIF.	
Diafarabé	5.000
Nantaka (Mopti)	3.000
Kourouba (Kangaba)	8.000

B) Cadre et conditions de la riziculture.

Les plans de développement concernant au premier chef les zones aménagées qui sont les plus prometteuses pour une augmentation sensible de la production, la vallée du Niger constitue donc le champ d'action prioritaire pour la Recherche.

1) CONFIGURATION DE LA VALLÉE

La vallée ne se déroule pas uniformément sur 1.500 km.

En fonction notamment des formations que le fleuve traverse et de la topographie, on distingue :

a) LA HAUTE VALLÉE, resserrée de la frontière Guinéenne à Bamako, où les plaines étroites sont limitées en superficie à quelques kilomètres carrés. Aménagements dans les cercles de Kangaba (2.050 ha) et de Bamako (2.770 ha).

b) LA MOYENNE VALLÉE qui s'étend de Bamako à Ké-Macina. La vallée est moins étroite et les terrasses alluvionnaires s'élargissent. Les cuvettes sont plus importantes. Aménagements dans les cercles de Koulikoro (2.000 ha), Ségou (17.000 ha), Macina (4.000 ha). Sur le Bani, dans le cercle de San (12.000 ha).

c) LE DELTA MORT situé dans l'angle déterminé par un axe Nord : Ségou-Sokolo, le long du canal du Sahel, et un axe N-E : Ségou-Kokry, le long du canal de Macina. C'est dans ce Delta mort et sur les terres exondées résultant de l'assèchement progressif d'un ancien Delta du Niger qu'a été implanté l'Office du Niger : 40.000 ha, dont 30.000 environ en rizières.

d) LE DELTA VIF situé entre Ké-Macina et le débouché du lac Debo. Ils constitue une immense zone d'épandage (environ 200 km de long sur 100 de large), limitée sur la droite par le Bani qui rejoint le Niger à Mopti, sur la gauche par le défluent, le Diaka, qui rejoint le lac Debo et caractérisée par tout un réseau de communications entre le Fleuve, son affluent et son défluent. Aménagements dans les cercles de Mopti (4.500 ha) et Djénné (6.500 ha).

e) LA ZONE LACUSTRE s'étendant sur environ 250 km entre le lac Debo et Tombouctou, où le fleuve se divise en plusieurs bras et donne naissance à de nombreux marigots, mares et lacs.

Les aménagements se trouvent dans les cercles de Niafunké (500 ha) et Tombouctou (600 ha).

f) LA BOUCLE DU NIGER, au-delà de Tombouctou et jusqu'à la frontière du Niger ; la vallée se resserre sur quelques kilomètres de large. Les aménagements sont surtout localisés dans la région de Gao (3.000 ha) mais sont exploités sur une très faible superficie.

2) LA PLUVIOMÉTRIE. LA CRUE

La vallée du Niger s'étirant entre 12° et 17° de latitude Nord, on passe insensiblement de la zone soudano-guinéenne à la zone sahélo-saharienne.

En fonction, d'une part, de la date d'établissement de la saison des pluies, et, d'autre part, de l'intensité des précipitations, la pluviométrie peut être utilisée différemment pour les divers types de rizicultures.

Eu égard à la latitude, la saison des pluies s'établit d'avril à juillet et la moyenne annuelle des précipitations s'étale de 1.100 mm à 180 mm.

Localités	Moyenne annuelle (mm)	Début des saisons des pluies (mm)
Kangaba (sur 23 à 24 ans)	1.105	Avril 25
Bamako (sur 30 ans)	1.097	Avril 16,5
Ségou (sur 35 à 38 ans)	719	Mai 25,6
Ké Macina (sur 30 ans)	578	Mai 17,1
Mopti (sur 30 ans)	550	Mai 18,6
Niafunké (sur 30 ans)	329	Juin 22,6
Tombouctou (sur 30 ans)	226	Juin 19
Gourma-Rharous	179	Juin 14

La crue du fleuve, déclenchée et alimentée par les précipitations, accuse d'une part un retard à l'arrivée, d'autre part une cote décroissante au fur et à mesure que le fleuve se dirige vers le N-E.

A partir de Mopti cependant, la crue du Bani, plus tardive, vient ajouter son effet à celle du Niger dont elle assure la prolongation.

En ce qui concerne les lacs de la zone lacustre, l'arrivée de la crue dépend de plusieurs facteurs :

- la hauteur des cuvettes ;
- la présence de seuils ;
- le plus ou moins grand éloignement du fleuve ;
- la sinuosité de leurs connections avec le fleuve.

Localités	Cote médiane plus hautes eaux (m)	Ecartes connus des plus hautes eaux (mm)	Période d'étiage	Début de la crue utile	Période plus hautes eaux
Koulikoro	6,46	3,46	Mars-avril	15 août	15 sept.-15 oct.
Mopti	6,72	1,50	Avril-mai	10 août	15 oct.-15 nov.
Diré	5,70	1,60	Juin-juillet	20 août	25 déc.-10 janv.
Gao	4,33	0,40	Juillet-août	20 septembre	15 janv.-15 fév.

La disparité de la pluviométrie et de la crue (intensité, période d'établissement, durée), de la topographie (la lame d'eau pouvant varier en profondeur de quelques centimètres à trois mètres environ), des exigences du riz pour boucler correctement son cycle (faisant intervenir notamment les dates de semis, la durée, la rapidité, la hauteur de submersion) explique que l'on rencontre, tout au long de la vallée, des rizicultures très différentes. Ces rizicultures font appel, suivant les conditions imposées, aux variétés dressées et aux variétés flottantes :

a) Riziculture pluviale de ruissellement, par accumulation d'une réserve d'eau au-dessus de l'aménagement qui communique avec le fleuve, essentiellement pour la vidange. En fonction de la hauteur de la cuvette, la communication avec le fleuve peut servir éventuellement à une alimentation par le bas.

b) Riziculture utilisant essentiellement l'eau de crue, les pluies ne sont utiles que pour la levée des semis.

c) Riziculture dite de crue d'hiver, où le repiquage s'impose en raison, d'une part, de l'insuffisance de la pluviométrie pour la levée, et, d'autre part, de l'arrivée tardive de la crue.

d) Riziculture lacustre, avec repiquage en décrue.

e) Riziculture de mare, traditionnelle, pratiquée également ailleurs que dans la vallée du Niger.

f) Enfin, riziculture de casiers planés, avec maîtrise totale de l'eau, utilisant strictement les riz dressés (Office du Niger).

3) LES SOLS

La texture et la fertilité des sols sont certes variables. Cependant, les Auteurs ayant traité de cette question s'accordent à reconnaître que les divers types rencontrés dans les plaines inondées ont une vocation rizicole jointe à une fertilité suffisante pour justifier la création d'aménagements.

Les fonds de cuvettes peuvent être très riches par suite d'une accumulation importante de matières organiques.

Ces sols peuvent être très argileux, argilo-limoneux, argilo-sableux, limono-sableux, plus ou moins compacts, avec ou sans fentes de retrait.

Le taux en argile diminue en général lorsqu'on s'éloigne du fond de la cuvette.

Les sols salés ne se rencontrent qu'exceptionnellement et sur des superficies très faibles.

C) Perspectives de développement pour l'avenir.

L'objectif des autorités gouvernementales est l'augmentation de la production rizicole du Mali, d'une part pour la satisfaction des besoins de l'autoconsommation, d'autre part pour l'exportation, source de devises.

Les moyens prévus sont les suivants :

1) CRÉATION D'AMÉNAGEMENTS NOUVEAUX

A notre connaissance, ces aménagements nouveaux concernent uniquement, pour le moment, la « zone hors Office du Niger ». Il s'agit d'aménagements conçus et basés sur une maîtrise partielle de l'eau de crue.

Les extensions antérieures se sont faites au rythme de :

4.000 ha par an entre 1960 et 1963 ;

6.000 ha par an entre 1964 et 1965.

Entre 1965 et 1970, le programme prévoit une extension sur environ 40.000 ha dont 25.000 feront l'objet d'études de la part de la FAO. Le coût de l'hectare aménagé se situera entre 25.000 et 30.000 francs.

2) EXTENSION DES SUPERFICIES CULTIVÉES DANS LES AMÉNAGEMENTS ACTUELS

Dans les aménagements actuels « hors Office du Niger », sur 60.000 ha aménagés, 26.000 ha seulement sont cultivés. Le programme prévoit une extension de l'exploitation sur 15.000 ha au moins, essentiellement dans la zone d'études de la FAO.

3) INTENSIFICATION DE L'EXPLOITATION

Il s'agit de mettre au point et de diffuser auprès des cultivateurs les moyens permettant une augmentation sensible du rendement, notamment :

l'utilisation rationnelle et disciplinée de l'eau ;

l'application de techniques agronomiques améliorées.

Les rendements actuels, sur les aménagements « hors Office du Niger », sont de l'ordre de 1 t/ha, ce qui représente un progrès très sensible par rapport à ceux de la riziculture traditionnelle que l'on peut estimer en moyenne à 700 kg/ha.

L'objectif est d'atteindre, dans l'avenir, un rendement moyen de 1.500 kg/ha.

Dans le cadre de cette intensification, une mission de la FAO est chargée pour une durée de cinq ans, en collaboration avec les services locaux, de mettre au point une méthode rationnelle pour l'exploitation des aménagements hydro-agricoles de la moyenne vallée et du Delta Central. Dans ce but, cette mission :

- a) aura à réaliser un programme d'études topographiques, hydrauliques, pédologiques, agronomiques ; par ailleurs, il est prévu une étude générale de la commercialisation ;
- b) plantera deux secteurs pilotes où seront conduits :
 - un programme d'expérimentation du type multilocal en collaboration avec l'IRAT,
 - un programme de vulgarisation de techniques améliorées ;
- c) organisera un centre de spécialisation rizicole pour la formation du personnel d'encadrement ;
- d) assurera le contrôle de l'application, dans les périmètres aménagés, des techniques et moyens préconisés.

D) Les recherches.

En dehors de quelques études conduites par l'ORSTOM et le Centre de Recherches Rizicoles de l'ex-AOF et des travaux entrepris récemment par l'IRAT, les recherches agronomiques concernant la riziculture au Mali ont eu essentiellement pour cadre l'Office du Niger.

Cela n'est que très normal ; la riziculture hors Office, timidement amorcée en 1948 avec le plan MARSHALL, n'a commencé vraiment à se manifester qu'entre 1954 et 1959, alors que le barrage de Markala, clé de l'exploitation de l'Office du Niger, fonctionnait dès 1947.

Pour la période antérieure à l'intervention de l'IRAT, c'est donc uniquement grâce aux archives de ces organismes ou aux publications de leurs responsables et chercheurs que le bilan des recherches a pu être établi.

Le sol

Études pédologiques et problèmes de fertilisation*

1) OFFICE DU NIGER

A) Études pédologiques. Caractéristiques physiques et chimiques des sols.

Les responsables de l'Office du Niger avaient réalisé dès 1939 que la base topographique seule n'était pas suffisante pour étayer sérieusement des projets d'aménagements hydrauliques. Si la topographie est indispensable pour délimiter, dans un premier stade, les zones susceptibles d'être mises en eau, deux autres facteurs aussi importants doivent être pris en considération, comme le soulignait P. VIGUIER :

- le sol pour sa vocation et sa valeur culturales ;
- le micro-relief pour la culture mécanisée.

Le travail de topographie très important réalisé à partir de 1929 a facilité la prospection pédologique du Delta Central Nigérien.

Plusieurs pédologues ont œuvré pour cet organisme : KILLIAN, SCAETTA, AUBERT, NEWSKY, DABIN, MEYER.

1) CLASSIFICATION DES SOLS

C'est la classification vernaculaire et les levés topographiques très précis qui ont servi à établir une carte au 1/10.000 de ces sols d'origine alluvionnaire.

La classification vernaculaire est la plus commode à utiliser par les équipes africaines de prospection :

- a) SOLS BRUNS : ils n'ont pas d'horizons différenciés ; ils comprennent essentiellement les deux types vernaculaires « Dian » et « Moursi ». Le sol Dian typique est limono-argileux ou argileux, compact ; il se fissure légèrement après dessiccation ; sa réaction est légèrement acide (pH 6 à 7) ;

* Ce chapitre a été rédigé par M. BONO qui adresse ses remerciements à M. BOUYER, Chef du Service Fertilité de la Division des Sols de l'IRAT, qui a bien voulu l'aider de son expérience et de ses conseils ; plusieurs paragraphes de ce chapitre ont d'ailleurs été reproduits d'une étude récente de MM. BOUYER et DABIN (*L'Agr. Trop.*, 1963, 12, p. 1302 et 1303).

il présente quelques nodules calcaires. Le type Moursi est argileux et largement fissuré, noirâtre et cependant relativement pauvre en matière organique ; il est un peu plus évolué que le précédent, sa réaction est neutre ou légèrement basique (pH 7 à 7,5) ; les nodules calcaires y sont plus nombreux. Les « Dian perré » sont des sols « Dian » très argileux, à large fentes de retrait, situés dans les dépressions.

b) SOLS BRUN-ROUGE SUBARIDES : ils ont déjà des horizons différenciés ; ils sont représentés par les « Danga », sols beiges, sablo-limoneux, jamais fissurés, présentant souvent des gravillons ferrugineux ; en fonction du degré d'évolution et de la texture, on a distingué : les « Danga 1 », sableux, très pauvres en humus, à pH variant de 6,2 à 6,8, de fertilité médiocre, et les « Danga 2 », plus évolués, plus limoneux, relativement compacts, un peu plus humifères et un peu plus acides (pH 5,8 à 6,3).

c) SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX : leur évolution plus poussée a conduit à une individualisation du fer ; on peut leur rattacher le type « Danga blé » et le type « Seno » ; les Danga blé, de teinte ocre, dérivent des Danga par décapage de l'horizon superficiel ; ici encore, l'évolution et la texture permettent de distinguer les Danga blé 1, qui sont les moins argileux et les moins évolués (pH 5 à 5,5), les Danga blé 2 et les Danga blé 3, ces derniers étant plus argileux et plus évolués (pH 4,5 à 5,0). Les sols Seno sont sableux, pauvres en éléments fertilisants ; comme, en raison de leur situation topographique, on ne peut pas les irriguer, ils sont exclus des plans d'action de l'Office du Niger et réservés à la culture du mil ou de l'arachide.

d) SOLS HYDROMORPHES : ils sont recouverts d'eau une partie de l'année ; c'est le type « Boi » de Bambaras, sol gris, limono-argileux, très compact, à teneur moyenne en matière organique, à réaction moyennement acide (pH 5,0 à 5,5) ; on distingue les « Boi blé », de teinte rouge, et les « Boi fing » brun foncé, humifère, plus évolués, à réaction fortement acide (pH 4,5 à 5,0).

Le Boi fing est la terre de rizières par excellence ; les Boi sont un peu moins fertiles ; les Danga et les Danga blé 2 et 3, qui sont les plus argileux, conviennent également.

	Couleur approximative	Teneur en argile, fentes de retrait	Compacité structure	Matière organique	Gravillons ou nodules	Micro-relief	pH
Moursi	Gris noirâtre	Argileux; présence de fentes	Friable en surface	Peu humifère	Nodules calcaires	50 cm à 1 m	7 à 7,5
Dian moursi .	Brun noirâtre	Argileux; présence de fentes	Friable en surface	Peu humifère	Nodules plus rares	25 à 50 cm	7 à 7,5
Dian perré ...	Brun	Argileux; fentes très larges	Très compact	Moyennement humifère	Pas de nodules	0 à 50 cm	6 à 6,5
Dian	Brun	Argileux; fentes moins larges ou absentes	Très compact	Peu humifère	Peu ou pas de nodules	0 à 25 cm	6 à 7
Danga fing ...	Gris légèrement rosâtre	Limono-sableux; fentes très fines	Moyennement compact	Moyennement humifère	Pas de nodules	0 à 50 cm	5,8 à 6
Danga 2	Beige à beige rose	Sablo-limoneux; pas de fentes	Assez compact	Peu humifère	Pas de nodules	0 à 25 cm	5,8 à 6,3
Danga 1	Beige à beige ocre	Sableux	Friable	Très peu humifère	Pas de nodules	25 cm à 1 m	6,2 à 6,8
Danga blé 1 ..	Ocre	Sableux	Friable	Très peu humifère	Pas de nodules	25 cm à 1 m	5 à 5,5
Danga blé 2 ..	Beige ocre	Argileux avec pseudo-sable	Très friable	Peu humifère	Pas de nodules	25 cm à 1 m	5 à 5,5
Danga blé 3 ..	Beige ocre	Argileux, moins de pseudo-sable	Moins friable, compact	Peu humifère	Parfois gravillons ferrugi.	0 à 1 m	4,5 à 5,5
Boi	Brun grisâtre légèrement ocre	Limono-argileux; fentes	Très compact	Moyennement humifère	Rien	25 cm à 1 m	5 à 5,5
Boi fing	Brun foncé légèrement ocré	Argilo-limoneux	Souvent friable	Humifère	Rien	0 à 50 cm	4,5 à 5

La cartographie des sols de l'Office a permis d'exploiter plus efficacement les périmètres qui étaient déjà cultivés et de déterminer la vocation des extensions.

Bien que le riz puisse pousser sur tous les types de sol, il n'en demeure pas moins que certains types lui conviennent mieux que d'autres.

B. DABIN indique la répartition et la valeur de ces derniers :

les Dian perré, les Dian se rencontrent surtout dans le Kala, le Kouroumary, le Macina ;
 les Danga dans tout le Delta Nigérien ;
 les Danga fing dans le Kala, le Kouroumary et sur de grandes superficies dans le Macina ;
 Ce sont d'excellents sols à riz.

les Boi se rencontrent dans le Macina, le Kala, le Kouroumary ;
 les Boi fing occupent de grandes superficies dans le Macina ;
 Ce sont de très bonnes terres à riz.

les Danga blé 2 et 3 localisés dans le Nord du Kala et dans le Kouroumary, sont moyens ;
 les Danga 1 existant dans tout le Delta Nigérien sont les moins favorables.

2) CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES DES SOLS

De nombreuses analyses ont été faites.

Dans le tableau ci-après figurent les résultats relevés sur quelques types principaux.

Type de sol et localité	Danga fing Macina	Dian Kouroumary	Moursi Kouroumary	Boi Macina	Boi fing Macina
Profondeur (en cm)	0 - 25	0 - 25	0 - 20	0 - 30	0 - 25
Sable grossier (%)	5,96	10,92	11,34	10,028	8,240
Sable fin (%)	58,48	25,2	18,66	55	24,76
Limon (%)	21	9	10	17	25
Argile (%)	11	54,8	59	17	37
Agrégats > 0,2 mm (%)	30	38,3	54,5	30,46	46,8
Perméabilité moyenne (m/s)	$1,35 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^{-6}$	3×10^{-5}	$4,07 \times 10^{-7}$	$1,3 \times 10^{-5}$
Porosité du sol saturé (%)	56	51	60	47,5	64
Porosité du sol sec (%)	49	26,5	38	29	51
Humidité équivalente en poids (%)	30,05	30,5	28,5	27,5	48
Porosité à l'humidité équivalente (%)	48,5	47	47	45	60
Microporosité (%)	41,5	42,5	40	40,5	50
Macroporosité (%)	7	4,5	7	4,5	10

Les études sur les propriétés physiques font essentiellement ressortir :

sur le plan de la texture, des variations très sensibles d'un type de sol à un autre et, à l'intérieur d'un même type, des variations telles qu'elles permettent de créer des sous-types ; par ailleurs, les observations sur les sables grossiers confirment l'origine fluviale des alluvions du Delta mort ;

sur le plan de la structure, dont les facteurs essentiels sont la granulométrie et la plus ou moins grande dispersion des ciments colloïdaux, des différences, importantes par leurs répercussions agronomiques, existent entre les divers types de sols.

Dans les horizons supérieurs, alors que les sols Dian, Boi, Danga accusent un coefficient de dispersion élevé, les Danga blé, Boi fing, Moursi sont floculés ou légèrement dispersés.

Les Boi fing présentent d'excellentes conditions physiques ; ils sont friables, faciles à travailler même en saison sèche, assez perméables et présentent une stabilité structurale satisfaisante.

L'amélioration de la stabilité structurale serait parfois nécessaire ; on peut alors envisager d'atteindre cet objectif soit par enrichissement du sol en matière organique, soit par le chaulage.

Bien que le riz soit beaucoup moins sensible que le cotonnier à la dispersion, cette dernière a des conséquences défavorables :

le développement racinaire est moins bon ;
 le support fluide des tiges peut entraîner la verse ;
 les terres se ressuient moins bien, ce qui est un inconvénient pour la récolte mécanique ;
 le travail mécanique, en saison sèche, est plus difficile par suite de la dureté du sol.

3) CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES

Les analyses chimiques faites sur les mêmes types de sols indiquent notamment :

a) MATIÈRE ORGANIQUE

les sols du Delta mort ont des teneurs en matière organique peu élevées variant de 0,4 % pour les sols les plus sableux (Danga) à 1 % environ pour les plus argileux (Dian, Moursi) ;

la matière organique se dégrade plus lentement dans les sols argileux ;

à l'exception des sols Boi fing, très riches en matière organique, dans les autres types de sols les variations de la stabilité structurale ne correspondent pas à des variations parallèles du taux de matière organique ;

les sols les plus riches en matière organique ont le rapport C/N le plus élevé ;

b) pH

les sols Dian et Moursi, riches en bases échangeables, ont un pH neutre ; les autres sols sont plus ou moins acides ; les plus acides sont les Boi fing ;

c) ÉLÉMENTS MINÉRAUX

les teneurs en azote total sont toujours très faibles, sauf dans les terres Boi fing ; cet élément joue incontestablement le rôle de facteur limitant ; l'évolution des engrais azotés, dont l'apport est nécessaire, pose en riziculture des problèmes d'ordre biochimique ;

les teneurs en phosphore, dit « assimilable » (extraction citrique), sont extrêmement faibles ; cependant, ces sols semblent posséder une réserve suffisante de phosphore pour assurer une alimentation correcte de la plante ;

Il semble qu'il existe une liaison optimale azote total/phosphore total ; le rapport N/P₂O₅ devrait être égal ou inférieur à 2 ; pour des valeurs supérieures, on constate une diminution nette de rendement.

les teneurs en potassium sont suffisantes et les cultures ne répondent pas à la fumure potassique ;

les bases échangeables CaO, MgO, K₂O, Na₂O sont en général en équilibre correct ; leur proportion est fonction du pH et du taux en argile.

la teneur absolue en sodium est très faible ; ce dernier peut même disparaître dans les horizons supérieurs des sols de rizières perméables ;

la cohésion des agrégats augmente avec la teneur en oxyde de fer jointe à celle en argile et le coefficient de dispersion en milieu concentré est d'autant plus faible que le rapport Na/Ca est plus faible et que la teneur en fer libre est plus élevée.

ANALYSE CHIMIQUE DE QUELQUES SOLS DU DELTA CENTRAL DU NIGER

Type de sol et localité	Danga fing Macina	Dian Kouroumary	Moursi Kouroumary	Boi Macina	Boi fing Macina
Profondeur (en cm)	0 - 25	0 - 25	0 - 20	0 - 30	0 - 25
Carbone organique (%)	1,06	0,466	0,36	0,68	1,26
Matière organique totale (%)	2,12	0,932	0,72	1,36	2,52
Azote total (%)	0,078	0,032	0,026	0,0577	0,083
C/N	13	14,5	14	12	15,5
Acide phosphorique total (%)	0,52	0,13	0,24	0,23	0,19
Calcium échangeable (méq/100 g)	0,64	3,08	4	0,32	0,96
Potassium échangeable (méq/100 g)	0,26	0,182	0,43	0,21	0,19
Magnésium échangeable (méq/100 g)	0,0033	0,246	0,32	0,014	0,01
Sodium échangeable (%)	0,052	0,104	0,05	0,051	0
Bases échangeables totales (méq/100 g)	4,098	16,1	23,87	2,73	5,35
Capacité totale d'échange de bases (méq/100 g)	50	57,2	54,6	31,2	76
Saturation du complexe absorbant (%)	8,15	29	43	8,8	7
pH	4,5	6,3	6,7	5,5	4,1
Na/Ca (%)	7	3	1	23	0

Des résultats et des interprétations de ces analyses physiques et chimiques découlent, pour la riziculture, les enseignements pratiques suivants :

assurer un bon planage ;

effectuer des travaux ou façons favorables :

sous solage profond permettant notamment un meilleur ressuyage,
labours exécutés avec un taux d'humidité approprié du sol ;

faire des apports de matières organiques et minérales, d'une part pour améliorer la structure, d'autre part pour abaisser le rapport Na/Ca et corriger un pH trop acide, et tout spécialement des apports d'azote.

4) RELATIONS ENTRE LES PROPRIÉTÉS CHIMIQUES ET LA FERTILITÉ

Grâce aux très nombreux résultats obtenus sur des sols de fertilité connus par la mesure de leur production, B. DABIN a étudié l'incidence des facteurs essentiels sur le rendement :

l'azote total ;

le phosphore total ;

le pH.

Ayant établi des abaques, DABIN pensait pouvoir déterminer, en partant de l'analyse du sol, le niveau de fertilité moyenne des sols de l'Office ; mais ces abaques ne constituaient qu'une tentative intéressante d'échelles de fertilité, n'ayant qu'une valeur toute relative, les rendements pouvant varier en fonction d'autres facteurs.

5) FLORE MICROBIENNE

Le problème de l'humus a fortement préoccupé les agronomes de l'Office du Niger.

Les principaux micro-organismes en cause pour sa formation sont les cellulolytiques et les fixateurs d'azote atmosphérique.

B. DABIN a conduit des expérimentations sur des types de sols différents. Ses conclusions sont les suivantes :

L'INTENSITÉ DE LA VIE MICROBIENNE varie avec la saison ; très active en saison des pluies, elle est nulle en saison sèche.

LA FIXATION DE L'AZOTE ATMOSPHÉRIQUE. Les azotobacter sont très sensibles au pH. Cependant, en rizière, on peut en trouver avec un pH de 5 à 5,2. L'azote atmosphérique est également fixé par de nombreuses espèces d'algues. La prolifération des azotobacter, fonction de la richesse minérale, peut être nulle en présence d'une carence en magnésium et en oligo-éléments.

LA DÉGRADATION DE LA CELLULOSE. En sols de rizière, la cellulolyse bactérienne anaérobie est très active ; mais elle semble diminuer avec les pH très acides.

LA NITRIFICATION. L'apport de phosphate active la nitrification en rizière. Le riz ne souffre pas d'une nitrification faible dans les terres argileuses et acides. En terrain présentant une aération suffisante, la nitrification s'effectue normalement ; les nitrates formés peuvent être absorbés par la plante, mais la partie non absorbée n'est pas retenue par le complexe absorbant et se trouve entraînée en profondeur ; là elle peut trouver un milieu réducteur et repasser à l'état de nitrites, phénomène qui provoquerait la faim d'azote de la plante et se doublerait d'un phénomène de toxicité ; il est évident que le phosphatage risque donc d'accentuer ces phénomènes.

B) La conservation du sol. La fertilisation.

En dépouillant les rapports de campagne successifs de l'Office du Niger, on remarque que le but des agronomes a été une exploitation rationnelle et équilibrée du sol avec le désir de sa conservation.

Au cours de l'expérimentation débutée en 1945, on assiste à la mise en place de toute une série d'essais sur les engrais minéraux en vue d'atteindre rapidement une augmentation sensible du rendement :

- influence des divers éléments ;
- interaction de ces éléments ;
- interaction fumure \times travail du sol ;
- interaction variétés \times engrais ;
- formes, doses, époques d'application des éléments favorables

Il est à remarquer que le problème de l'enrichissement du sol en matière organique n'a jamais cessé de préoccuper les agronomes.

Pour le déroulement de l'expérimentation, il est à noter que cette dernière, tout en étendant le domaine de ses explorations, est passée progressivement du stade station à celui de l'expérimentation multilocale sur les différents sols de l'Office.

Il convient de distinguer trois périodes :

La première, de 1945 à 1949, pendant laquelle l'expérimentation fut uniquement conduite sur la station de Kayo, dans le Macina. Les résultats obtenus sont particulièrement intéressants à plus d'un titre :

- issus d'une expérimentation méthodique et parfaitement exécutée, ils sont homogènes et nets ;
- ils mettent l'accent sur les problèmes les plus importants à résoudre ;
- ils ouvrent la voie pour les applications en grande culture.

La deuxième, de 1949 à 1959, est surtout guidée par le désir d'exploiter les résultats positifs de la période précédente, dans le cadre de l'exploitation industrielle, avec le souci majeur de la rentabilité. Dans ce but, l'expérimentation fait essentiellement appel à l'essai en grande surface, dit semi-industriel, qu'elle applique sur les différents sols de l'Office. Compte tenu des difficultés très connues, inhérentes à ce système d'expérimentation, les résultats ont été moins nets et quelquefois contradictoires.

La troisième période, de 1962 à aujourd'hui, est surtout caractérisée par un retour sur les problèmes de l'utilisation d'une fumure NPK équilibrée. Cependant, il faut bien reconnaître que les travaux exécutés dans cette dernière optique n'ont pas encore apporté des résultats bien nouveaux ; cela ne doit pas étonner. En effet et si on en juge par les travaux réalisés dans d'autres pays, il apparaît que les résultats sont sensiblement les mêmes et que les chercheurs, en matière de fertilisation rizicole, rencontrent les mêmes problèmes et les mêmes difficultés qui, à priori, paraissent liés à la submersion.

1) ASSOLEMENT, ROTATION

Cette expérimentation débutée en 1947 a dû être arrêtée en 1954. Elle fut conduite sans répétitions sur des parcelles élémentaires d'un are.

Il s'agissait de comparer quatre types d'assolements et rotations entre eux et à un témoin conduit en culture continue.

Riz - Jachère.
Riz - Riz-jachère.
Riz-engrais vert.
Riz - Riz-engrais vert.

Aucune différence n'a été observée dans les rendements.

Le seul résultat contrôlé fut une légère augmentation du taux de carbone et du rapport C/N dans l'assolement avec l'engrais vert.

Nous citerons, pour mémoire, les essais de rotation riz-coton qui n'ont pas d'intérêt pratique, l'adoption s'en avérant difficile du fait des exigences bien différentes des deux cultures principales, de la nature très variée des sols et aussi des exigences économiques.

2) FUMURE ORGANIQUE

Nous avons souligné le souci des agronomes de l'Office pour l'enrichissement du sol en matière organique.

Cette dernière a un rôle favorable sur la structure et sur l'activité biologique des sols.

a) ENGRAIS VERT

Des résultats probants furent obtenus en 1946, 1947 et 1949 à la suite d'essais rigoureux.

Le but des essais était d'ailleurs de tester l'influence éventuelle de l'engrais vert sur l'assimilation des phosphates naturels du Maroc.

L'engrais vert (*Crotalaria retusa*) fut apporté sur la rizière à la dose de 10 t/ha.

RÉSULTATS.

	1946	1947
Témoin T	100	100
Phosphate tric 800 kg/ha	109	100
Engrais vert seul	140	145
Phosphate + engrais vert	140	142
	Significatif	Significatif

Par ailleurs, en 1949, l'engrais vert cultivé l'année précédente sur la rizière, comparé à un témoin (jachère enfouie), a encore agi favorablement.

	Paddy	Paille	
Témoin T	100	100	
<i>C. retusa</i>	125	127	Significatif
<i>C. striata</i>	114	114	Non significatif
<i>C. retusa</i> + <i>C. striata</i>	119	119	Significatif

En conclusion, l'action favorable de l'engrais vert sur les rendements est incontestable.

Dix tonnes de matière verte à l'hectare ont le même effet qu'un apport de 70 kg d'azote et, comme ce dernier élément, la matière verte, abstraction faite de son action à long terme sur la structure, n'a pas d'arrière action. Cependant, son utilisation n'est pas économique en exploitation intensive, car elle représente un manque à gagner de l'ordre de 3.000 kg de paddy à l'hectare. Il est donc plus intéressant d'apporter l'azote sous forme ammoniacale.

b) FUMIER ARTIFICIEL

Au cours des années 1951, 1952, 1953 a été mise en place une expérimentation concernant la matière organique utilisant la paille de riz comme matériau de base et traitée de différentes manières.

En effet, si l'enfouissement de la paille n'est pas réalisable en culture attelée, celle du fumier par contre est possible.

Pour l'expérimentation aux champs, nous n'avons trouvé que la comparaison du fumier artificiel avec :

- l'enfouissement simple de la paille (même quantité que celle entrant dans leur fabrication) ;
- la paille brûlée avec ou sans complément minéral NP ;
- les fumures minérales à base de phosphates tricalciques, de phospho Henin ou d'oligo-éléments.

L'interprétation des résultats est difficile, car ils sont, en partie, contradictoires avec ceux d'autres essais.

On note cependant l'avantage de la fumure azotée, l'absence de supériorité du fumier artificiel sur la paille enfouie et l'inaction du mélange nutritif associé à la paille.

Les expérimentations sur le fumier artificiel n'ont pas été poursuivies.

c) ENFOUISSEMENT DE LA PAILLE DE RIZ

C'est surtout cette dernière technique qui a été la plus longuement étudiée de 1951 à 1956.

L'effet de la paille simplement enfouie a été comparé à des combinaisons de paille enfouie avec des éléments minéraux (NPK, N, CaO), à l'azote seul, à une fumure NPK, au fumier de ferme avec ou sans NPK, à un engrais vert. Sur les traitements sans paille enfouie, la paille était brûlée sur place.

L'analyse des résultats pour les rendements montre seulement que :

la paille enfouie entraîne un rendement de 2.500 kg/ha (115) contre 2.170 kg (100) pour le témoin adjacent sans paille enfouie ;

la paille enfouie combinée à une fumure NPK entraîne un rendement de 2.700 kg/ha (123) contre 2.200 kg/ha (100) pour le témoin adjacent sans paille ni engrais et contre 2.485 kg/ha pour le traitement NPK sans paille enfouie.

En ce qui concerne la structure du sol, par contre, les résultats ont été très positifs :

« L'enfouissement de la paille de riz pendant six années a provoqué une sensible amélioration de la structure dans les parcelles traitées se manifestant par :

α) une stabilité accrue des agrégats ;

Les agrégats résistent à une imbibition ménagée. Cette amélioration s'observe sur le terrain labouré, après les premières pluies d'hivernage. Les parcelles avec paille enfouie conservent leur aspect motteux ; sur les témoins, par contre, les mottes se délitent rapidement.

β) une perméabilité améliorée.

La prolongation de l'essai eût sans doute permis d'obtenir une amélioration plus marquée de la structure. »

3) LA FUMURE MINÉRALE

L'expérimentation a débuté en 1945 et se poursuit.

Les analyses des terres de l'Office avaient révélé leur pauvreté en azote, leur teneur moyenne en potasse et magnésium et leur déficience en acide phosphorique.

Les fumures étudiées ont donc concerné les engrais azotés, les engrais phosphatés, les formules équilibrées, les engrais verts pour leur rôle dans l'action des phosphates, les formes et doses à employer, les modes d'épandage, le fractionnement.

a) DE 1945 A 1949, STATION DE KAYO

Nous traiterons séparément l'expérimentation qui a été faite sur cette station.

Parfaitement exécutée, très précise, elle a fourni, pour un début de recherches, des résultats extrêmement intéressants.

Elle a permis en très peu de temps, d'une part d'apporter les premières solutions pratiques pour l'exploitation, d'autre part de préciser les problèmes à résoudre en priorité par la suite.

Le dispositif appliqué a été le Bloc de FISHER avec au moins huit répétitions.

Les parcelles élémentaires avaient 12 m² de superficie (8 × 1,5 m) avec lignes semées à 0,30 m l'une de l'autre. Les plants furent repiqués à 30 cm l'un de l'autre sur la ligne ; seule la ligne médiane fut analysée.

L'aménagement d'un même essai en une seule rizière a permis d'avoir une lame d'eau de même épaisseur dans toutes les parcelles élémentaires.

La variété utilisée fut Sikasso B (155 jours).

Tous les essais furent significatifs à P 0,01.

Nous avons essayé de condenser les résultats dans les tableaux qui suivent.

Les éléments sont désignés par les initiales, par exemple : N 40 signifie 40 kg de N à l'hectare ; P 240 signifie 240 kg P₂O₅ à l'hectare ; K 100 signifie 100 kg de K₂O à l'hectare.

FUMURE AZOTÉE

	1945	1946
Témoin : N 0, P 0, K 0	100	100
N* 40, P** 0, K*** 0	132	149
N 60, P 0, K 0	140	168
N 100, P 0, K 0	183	180
N 0, P 240, K 100	104	109
N 40, P 240, K 100	127	142
N 60, P 240, K 100	137	159
N 600, P 240, K 100	172	179

* N du sulfate d'ammoniaque.

** P du phosphate tricalcique du Maroc.

*** K du KCl.

Les rendements des témoins non fumés atteignaient de 28 à 35 q/ha.

FUMURE PHOSPHATÉE

	1947
Témoin N 0, P 0, K 0	100
5 t phosphate tricalcique*	100
5 t phosphate tricalcique + 5 t chaux	103
5 t phosphate tricalcique + 10 t engrais vert	142
500 kg scories	114
500 kg phosphate bicalcique	100
5 t chaux	104
10 t engrais vert	145

* Il s'agit de phosphate tricalcique de Tamaguillel à 32 % de P₂O₅.
En fait, dans cet essai, seul l'engrais vert a marqué.

FUMURE COMPLÈTE

	1948	1949
Témoin N 0, P 0, K 0	100	100
N 50	129	145
P* 50	104	99
K 100	104	
N 50, P 50	124	143
N 50, K 50	124	
P 50, K 100	106	114
N 50, P 50, K 100	114	147

* Il s'agit de phosphate bicalcique.

FUMURE AZOTÉE (FORMES ET DOSES)

		1946	1949
Témoin non fumé		100	100
Sulfate d'ammoniaque	N 40	149	
Sulfate d'ammoniaque	N 50		144
Sulfate d'ammoniaque	N 60	168	
Sulfate d'ammoniaque	N 100	180	
Ganamide	N 38	128	
Ganamide	N 57	145	
Ganamide	N 95	152	
Ammonitrate	N 50		128
Nitrate de soude	N 50		128
Nitrate de potasse	N 50		103
Phosphate d'ammoniaque	N 50		149

C'est le sulfate d'ammoniaque qui est le plus intéressant. A cette époque, l'urée n'avait pas été essayée.

Les conclusions de cette première période d'expérimentation par M. METGE ont été les suivantes :

α) AZOTE.

α') SULFATE D'AMMONIAQUE.

le sulfate d'ammoniaque est particulièrement efficace en riziculture ;

les rendements augmentent de façon significative avec les doses croissantes (200, 300, 500 kg/ha, c'est-à-dire 40, 60, 100 kg d'N à l'hectare) ;

la dose de 500 kg/ha est encore rentable (1950) mais compte tenu de l'absence d'arrière action, des risques de verse, de l'augmentation sensible, avec les hautes doses, du rapport paille/paddy. la dose à préconiser en exploitation doit se situer aux alentours de 200 à 250 kg/ha, soit 40 à 50 kg d'N/hectare) ;

l'épandage sera fait au semis.

β') AUTRES FORMES D'AZOTE.

Les essais aux champs et les expériences en pots montrent qu'à teneur égale en azote, le sulfate d'ammoniaque doit être préféré aux autres formes.

β) PHOSPHORE.

α') PHOSPHATES TRICALCIQUES NATURELS.

Ces phosphates finement pulvérisés, employés même à très haute dose (5 t/ha), n'ont aucune action favorable sur les rendements, que ce soit en première année d'application ou en arrière action en deuxième année.

β') SUPERPHOSPHATE : le superphosphate ne semble pas plus efficace.

γ') LE PHOSPHATE BICALCIQUE : dans un équilibre NPK son action est nulle ; tout se passe comme si seul l'azote ammoniacal de l'équilibre intervenait. Cette contradiction provient certainement de ce que les conditions de la culture en pots sont différentes de celles au champ.

δ') LES ANALYSES DE TERRES D'ESSAIS ET LES CULTURES EN POTS RÉVÈLENT QUE :

l'apport de fortes doses a augmenté sensiblement la teneur du sol en P_2O_5 total et P_2O_5 assimilable ;

la matière organique joue un rôle efficace dans la mobilisation des phosphates du sol ou d'apport (conclusions conformes à celle du Professeur CHAMINADE) ;

la récolte est très faiblement augmentée par le phosphate appliqué seul ;

le point le plus important est l'accroissement considérable de la récolte lorsqu'à l'azote ammoniacal est ajouté un engrais phosphaté.

Si dans l'immédiat même, des apports importants d'azote provoquant de larges suppléments de récolte ne créent pas un besoin en P_2O_5 que le sol ne puisse satisfaire, il est à craindre que, dans l'avenir et en culture intensive, le P_2O_5 contenu dans le sol ne soit plus suffisant. Il faut donc compenser les exportations.

γ) POTASSE.

Compte tenu :

de la faible exportation de K_2O par les récoltes ;

de l'apport notable par les eaux d'irrigation (6 kg/an),

la fertilisation potassique peut être négligée, dans un premier stade, si la paille est restituée intégralement à la rizière.

b) DE 1949 A 1960, EXPÉRIMENTATION EN STATION ET MULTILOCALE

Désireux de trouver rapidement des solutions pratiques et rentables découlant des premiers résultats positifs de leurs recherches antérieures, les agronomes, au cours de cette période, ont peu étudié les équilibres NPK et ont fait porter l'essentiel de leurs efforts sur l'azote utilisé sous diverses formes (y compris les formes organiques de récupération), les doses à employer, les modes et époques d'application.

α) FUMURES NPK.

En dehors d'un essai pérenne implanté en 1949 et arrêté en 1955, les essais NPK n'ont été que périodiques.

Parallèlement à l'essai pérenne a été conduit un essai dit « pérenne déséquilibré de fumures » (1950 à 1955) dans lequel ont été apportées de fortes fumures exclusivement azotées.

Il s'agissait de voir si l'apport de cette fumure déséquilibrée entraînerait, au bout d'un certain temps, une baisse de rendement par manifestation d'épuisement du sol en P_2O_5 et K_2O .

L'AZOTE a été utilisé sous forme de sulfate d'ammoniaque aux doses de 20 kg, 30 kg et 60 kg d'N/ha.

L'ACIDE PHOSPHORIQUE sous forme de :

phosphate tricalcique aux doses de 100 kg, 135 kg et 240 kg P_2O_5 /ha ;
supertriple aux doses de 45 kg et 150 kg P_2O_5 /ha ;
phosphal à la dose de 100 kg P_2O_5 /ha ;
bicalcique à la dose de 150 kg P_2O_5 /ha.

LA POTASSE sous forme de :

CIK à la dose de 90 kg K_2O /ha ;
 SO_4K_2 à la dose de 30 kg K_2O /ha.

β) FORMES D'AZOTE, DOSES, MODES D'APPLICATION.

Les diverses formes ont été étudiées et comparées aux doses de :

sulfate d'ammoniaque 20 kg/ha, 30 kg/ha, 40 kg/ha de N ;
urée 20 kg/ha, 30 kg/ha, 40 kg/ha, 60 kg/ha de N ;
cyanamide 40 kg/ha de N ;
son de riz 20 kg/ha, 30 kg/ha, 40 kg/ha de N ;
tourteau de coton 30 kg/ha de N ;
le sulfate d'ammoniaque a été éventuellement mélangé au son de riz (15 kg/ha de N pour chacun, soit 30 kg/ha de N au total).

Les modes d'application ont été les suivants :

au semis ou un peu avant ;
au semis en couverture ;
au tallage ;
50 % au semis, 50 % au tallage ;
50 % au tallage, 50 % à la montaison.

Les résultats de ces deux séries d'expérimentation sont condensés sous forme de tableaux.

ESSAI DE DOSE CROISSANTE D'AZOTE

Station de Molodo, 1956

(Sol Danga)

Témoin	100	(2.509 kg/ha)
N 30	117	
N 60	130	

ESSAI DE FORMES DE FUMURE AZOTÉE

Station de Kokry, 1955

(Sol Moursi)

Témoin	100	(1.131 kg/ha)
Son de riz	N 20	132
Son de riz	N 40	140
Sulfate d'ammoniaque	N 20	157
Sulfate d'ammoniaque	N 40	161

Station de Molodo, 1950

(Sol Danga)

Témoin	100	(2.509 kg/ha)
Tourteau	N 30	120
Sulfate d'ammoniaque	N 30	117
Sulfate d'ammoniaque	N 60	130
Calciammon	N 30	113
Urée	N 30	126

Station de Kogoni, 1956
(Sol Dian)

Témoin		100	(2.122 kg/ha)
Tourteau	N 30	125	
Son de riz	N 30	100	
Sulfate d'ammoniaque	N 30	126	
Sulfate d'ammon. + son de riz	N 30	121	
Urée	N 30	107	
Calciammon	N 30	131	

(Essai exécuté sur variété Dissi.)

ESSAIS DE FORMES ET D'ÉPOQUE D'APPLICATION DE FUMURE AZOTÉE
Station de Kogoni, 1956

Témoin		100	(1.166 kg/ha)
Sulfate d'ammoniaque semis .	N 20	119	
Urée semis	N 20	115	
Sulfate d'ammoniaque tallage .	N 20	131	
Urée tallage	N 20	117	
Sulfate d'ammoniaque semis ..	N 40	144	
Urée semis	N 40	120	
Sulfate d'ammoniaque tallage .	N 40	154	
Urée tallage	N 40	137	

Le sulfate d'ammoniaque est plus efficace que l'urée.

CONCLUSIONS SUR CETTE PÉRIODE.

FUMURES NPK.

Les résultats de cette expérimentation confirment celle antérieurement exécutée sur la station de Kayo.

Seul l'azote agit ; lorsque cet élément est inclus dans une formule binaire ou ternaire, tout se passe comme si les autres éléments n'existaient pas.

Par ailleurs, de fortes doses de fumure exclusivement azotée n'ont pas entraîné, avec le temps, une chute des rendements par suite d'un appauvrissement du sol en P_2O_5 et K_2O .

FORMES D'AZOTE, DOSES, MODES D'APPLICATION.

FORMES.

Autant que les résultats puissent permettre de formuler une opinion, il apparaît que les deux formes les plus efficaces sont, à dose équivalente, le sulfate d'ammoniaque et le calciammon.

DOSES.

Pour le sulfate d'ammoniaque, les doses de 20, 30 et 60 kg d'N/ha et, pour le calciammon, la dose de 30 kg d'N/ha sont très efficaces. A Kayo, dans un essai pérenne de 1949 à 1955, la dose N 60 a donné des rendements variant de 114 à 214 % du témoin avec une moyenne de 129 % non modifiée par la présence de P ou de K.

EPOQUES, MODES D'APPLICATION.

Les résultats disponibles ne permettent pas de formuler des conclusions définitives entre les divers modes :

- épardage léger ou profond ;
- épardage en couverture au semis ou au tallage ;
- épardage fractionné, au semis et au tallage ou bien au tallage et à la montaison.

L'épardage en fond au semis est en général efficace et rentable pour le sulfate d'ammoniaque et le calciammon.

Sur le plan pratique :

l'épardage à la montaison est à proscrire, car il est difficile à cette période végétative. compte tenu de la densité de la végétation, de pénétrer sur la rizière et d'épandre la fumure au pied des plants ;

sous réserve de résultats ultérieurs : l'épardage au tallage serait préférable, compte tenu des conditions imposées par la grande culture, à l'épardage au semis qui profite trop aux adventices alors que ces derniers, par contre, ont terminé leur végétation quand le riz talle.

c) A PARTIR DE 1962 SUR LA STATION DE KOGONI

L'expérimentation conduite sous la responsabilité de l'IRAT a abordé systématiquement les problèmes des fumures NPK.

Toute une série d'essais pérennes a été implantée ; le principe est d'étudier le comportement de chacun des éléments N, P et K, en quantités croissantes, alors que l'un des autres éléments ou les deux autres sont apportés en quantité constante.

ACTION DE DOSES CROISSANTES D'AZOTE (URÉE) EN PRÉSENCE D'UNE DOSE CONSTANTE D'ACIDE PHOSPHORIQUE
(75 kg P₂O₅ du supertriple)

N 0	100	(2.318 kg/ha)
N 25	108	
N 50	116	
N 75	124	

On observe une réponse linéaire de l'azote, le rendement augmentant de 5 q pour un apport de 75 kg de N (de l'urée).

En 1963 et 1964, les résultats furent moins nets.

Les autres essais ont donné des résultats souvent contradictoires et, en tout cas, sans grand intérêt :

La potasse est inefficace.

L'action de P₂O₅ est douteuse.

N a un effet dépressif à fortes doses, tout au moins avec la variété utilisée.

En 1965, un certain nombre d'essais ont été mis en place :

Essai à doses croissantes de phosphate naturel du Mali (0, 500, 1.000, 1.500 kg) qui a déjà semblé manifester légèrement son efficacité et qui sera poursuivi.

Essai de doses croissantes de supertriple (même dose en P₂O₅ que le précédent essai) qui jusqu'ici est resté sans action.

Essai de doses croissantes d'azote (0, N 40, N 80, N 120) sous forme d'urée, en présence de fortes doses uniformes de P et K ; cet essai a montré un effet dépressif pour les fortes doses, avec la variété utilisée (D 52/37).

Essai de supertriple à doses croissantes (0, P 160, P 320, P 480) qui est resté inefficace même en présence de très fortes doses de N et K.

Essai de chlorure de potasse à doses croissantes (0, K 120, K 240) qui est également resté inefficace même en présence de fortes doses de N et P.

11) ZONE HORS OFFICE DU NIGER

Il s'agit, pour la zone hors Office du Niger, d'une riziculture semi-aménagée avec maîtrise partielle de l'eau de pluie, de crue ou des deux.

Les aménagements ont été étudiés et conçus en fonction de la topographie, de la date d'arrivée des pluies et de celle de la crue. Les ouvrages ont pour but d'assurer une alimentation en eau et une durée de submersion suffisante pour que le riz puisse boucler convenablement son cycle.

L'épaisseur de la lame d'eau dans une même cuvette peut varier de quelques centimètres à trois mètres environ.

La riziculture est ici basée sur l'utilisation de variétés supportant des lames d'eau de hauteurs différentes pour suppléer à l'absence de planage. Elle se pratique donc en une série de bandes ou franges variétales successives faisant appel aux variétés dressées et flottantes.

Afin d'assurer une submersion sûre, dans le système pluvio-fluvial en particulier, la dénivellation utilisée doit être calculée par rapport aux crues faibles ; de ce fait, la riziculture occupe surtout les parties basses des cuvettes et doit utiliser, pour une proportion de la superficie variant de 75 % à 90 %, les variétés flottantes.

Les recherches dans le domaine de la riziculture flottante n'en sont qu'à leur début. Ce n'est qu'en 1953 que le Centre de Recherches rizicoles de Kankan (République de Guinée) installa une cellule de recherches sur le riz flottant à Ibétémi.

A) Études pédologiques. Caractéristiques des sols.

Les études pédologiques, peu nombreuses eu égard au nombre important des aménagements, conduites par l'ORSTOM, ont essentiellement concerné la Haute et la Moyenne vallée. Elles ont eu pour but de reconnaître la nature et la vocation des sols de façon à pouvoir orienter plus efficacement l'exploitation des périmètres.

D'une façon générale, d'après R. MAIGNIEN, les sols rizicultivés ou jugés rizicultivables, appartiennent à la catégorie des sols à hydromorphie temporaire d'ensemble et plus particulièrement à la famille des pseudo-gley à taches ou concrétions ferrugineuses.

1) HAUTE VALLÉE DU NIGER

a) SOLS À TACHES ET CONCRÉTIONS EN SURFACE SUR DES ALLUVIONS COMPLEXES À RECOUVREMENT ARGILEUX.

α) Type de couleur grise faiblement bleutée, ocre ou jaune, faiblement humifère à humifère, de texture très argileuse, à structure fine polyédrique grumeleuse en surface, à cohésion moyenne à faible en surface pouvant être forte à très forte en profondeur, à bonne porosité. Ces sols se rencontrent dans les plaines de Nianganabougou et Bankoumana.

β) Type de couleur grise, taché de rouille ou brun rouille ou jaune, humifère à peu humifère, de texture argilo-limoneuse à limono-sableuse, à structure large en surface, à cohésion forte et bonne porosité. Ces sols se rencontrent dans la plaine de Bankoumana et surtout dans celle de Kéniéroba où ils constituent l'essentiel des sols rizicultivés.

b) SOLS À TACHES SANS CONCRÉTIONS DE SURFACE.

α) Type de couleur grise avec plages gris foncé ou beige, faiblement humifère, de texture limono-argilo-sableuse à sablo-limono-argileuse en surface, à cohésion forte à très forte, à porosité faible à moyenne, se rencontrant dans les plaines de Bankoumana et Nianganabougou.

β) Type de couleur grise bleutée marbrée de canalicules ocre rouille, de texture argileuse en surface, à cohésion très forte et à mauvaise porosité ; se rencontre dans la plaine de Bankoumana. Tous ces sols conviennent à la culture du riz. La fatigue qui les marque parfois serait due :

pour les terres récemment mises en culture, à un déséquilibre N-P₂O₅ par excès d'azote ; le riz meurt après la nouaison ;

pour les terres cultivées traditionnellement, au contraire, à un défaut d'azote provoqué par une minéralisation de la matière organique. Le riz vient mal et donne des grains vides.

2) MOYENNE VALLÉE DU NIGER

a) CUVETTE DE SÉGALA NIAMINA.

Les sols, à hydromorphie partielle de surface et de profondeur, sur matériaux argileux à gravillons ferrugineux et parfois à anciens nodules calcaires, qui recouvrent la plus grande superficie de la cuvette ont un micro-relief accidentée, sont faiblement humifères, tachés d'ocre et de gris bleu, de texture argileuse dès la surface ou à très faible profondeur. Les caractéristiques physiques de surface sont mauvaises. La structure polyédrique moyenne est assez bien développée, la cohésion d'ensemble et la stabilité structurale sont faibles ; la porosité est moyenne à bonne. En profondeur, les caractéristiques sont encore plus mauvaises.

b) CUVETTE DE SOURBASSO.

Les sols, qui couvrent la plus grande partie de la superficie de la cuvette, sont à hydromorphie totale et temporaire, à pseudo-gley d'ensemble sur alluvions argileuses.

Ils sont humifères, de couleur brunâtre, ocre rouille, de texture nettement argileuse dès la surface, à structure fine bien développée en surface, grumeleuse grenue à tendance farineuse, à cohésion faible en surface et profondeur, à bonne porosité.

c) STATION IRAT D'IBÉTÉMI-MOPTI.

Les sols, représentatifs de grandes surfaces rizicoles, qui sont inondés trois mois et restent gorgés d'eau cinq mois par an, sont hydromorphes minéraux.

L'horizon supérieur, gris brun clair, est très compact et très dur à l'état sec avec de fortes fentes de retrait sous structure polyédrique. Les variations sont faibles en profondeur.

Type de sol et lieu	Segala 5	Sourbasso 3
Profondeur (en cm)	0 - 6	0 - 10
Sable grossier (%)	17,6	31,7
Sable fin (%)	40,1	23,4
Limon (%)	6,0	8,1
Argile (%)	32,7	31,8
Matière organique totale (%)	1,00	2,19
Perméabilité (kcm/h)	0,5	1,4
Porosité (%)	31,4	48,6
Matière humique (%)	1,48	
C (%)	5,8	12,7
N (%)	0,64	1,21
C/N	9,1	10,5
P ₂ O ₅ total (%)		0,46
pH eau	5,7	5,0

B) La conservation du sol. La fertilisation.

L'expérimentation, dans ces domaines, n'en est qu'à ses débuts.

Nous donnerons essentiellement ci-après quelques suggestions formulées par R. MAIGNIEN dans son avant-propos sur les « Etudes des différentes vallées et plaines de la République du Mali ».

1) FUMURE ORGANIQUE

Il semble que l'enfouissement direct des pailles après la récolte soit le meilleur moyen pour conserver la fertilité organique des rizières, en l'absence de fumier ou de compost.

2) ENGRAIS AZOTÉS

L'utilisation des engrais azotés ne peut être rentable que dans le cas d'une rizière bien aménagée et cultivée correctement ; si les conditions culturales sont bonnes, l'engrais azoté ammoniacal donne généralement une augmentation de rendement nette et spectaculaire.

L'engrais azoté devra être enfoui dans le sol un peu avant le semis ; il est indispensable d'éviter la nitrification des composés ammoniacaux qui sont alors perdus et peuvent devenir toxiques ; les engrais nitriques sont inefficaces.

Les doses d'azote peuvent varier de 20 à 50 kg/ha, soit 100 kg à 250 kg de sulfate d'ammoniaque.

3) LES ENGRAIS PHOSPHATÉS

Les engrais phosphatés peuvent être efficaces dans les sols médiocrement pourvus en cet élément. Un sol moyennement pourvu en phosphore peut présenter des besoins en engrais phosphatés après plusieurs années de culture successives. La culture continue et intensive du riz nécessite l'apport d'engrais phosphatés au bout d'un nombre d'années plus ou moins grand, dépendant de la richesse à l'origine.

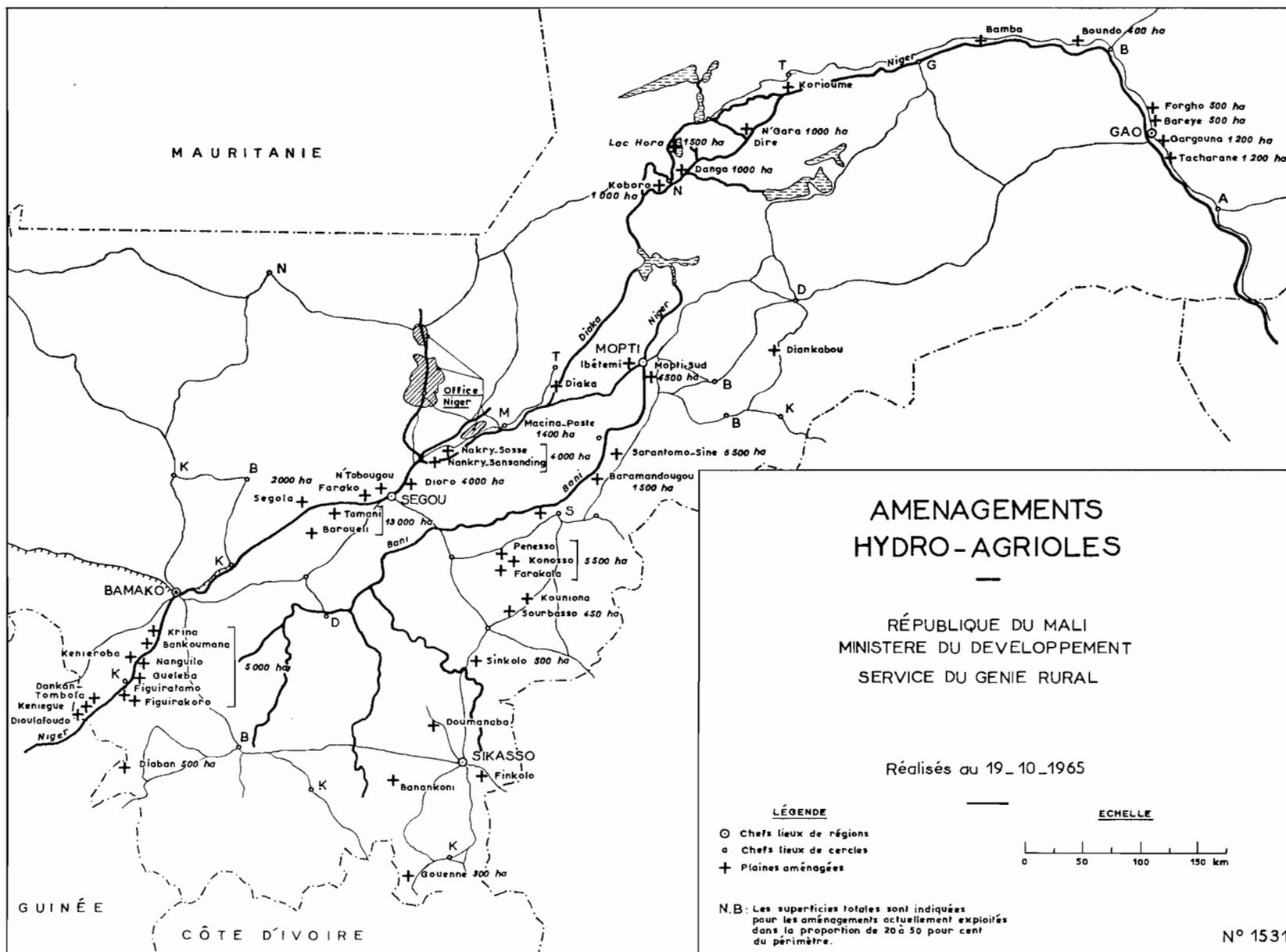
Le phosphore peut être apporté sous différentes formes mais, dans les rizières acides, les phosphates naturels ont donné de bons résultats (travail de P. VEROT en Guinée).

4) LA POTASSE

Les engrais potassiques sont rarement efficaces en riziculture ; ceci tient surtout au fait que la teneur du grain de riz en potasse est peu élevée et également au fait que les sols argileux de bas-fond où l'on cultive le riz sont souvent bien pourvus en cet élément ; néanmoins, un certain nombre de sols ont des teneurs médiocres en cet élément ; il serait donc préférable de prévoir dans ces sols une fumure d'entretien et, surtout, d'éviter d'exporter les pailles qui contiennent des quantités importantes de potasse.

Signalons qu'en 1964 l'IRAT, sur la station d'Ibétémi, a obtenu une réponse très sensible à la fumure azotée. Dans un essai mettant en comparaison dix variétés avec et sans engrais (60 kg d'N/ha sous forme de sulfate d'ammoniaque épandu pour moitié au semis et pour moitié à l'arrivée de la crue), les rendements ont été augmentés de 40 % par la fumure, et ce, dans une lame d'eau de 1,35 m.

A la suite de ce résultat, la fumure azotée a été testée en expérimentation multilocale en 1965 ; les résultats ne sont pas encore disponibles.



Amélioration des variétés et des techniques culturales

La riziculture au Mali présente des formes très diversifiées dont chacune pose des problèmes particuliers à côté de problèmes communs.

Les critères de différenciation de ces formes sont essentiellement :

- les conditions hydrauliques (pluie, crue, irrigation) ;
- le mode de culture (semis direct ou repiquage) ;
- le type de sol.

Ils aboutissent à la classification suivante :

- Riziculture pluviale (de mare, de ruissellement).
- Riziculture fluviale (soudanienne, sahélienne).
- Riziculture lacustre.
- Riziculture irriguée.

LA RIZICULTURE DE MARE existe sur quelques centaines d'hectares en zone sahélienne. Un riz adapté dit « cobé » est repiqué du fond de la mare vers le haut, au fur et à mesure du remplissage de la mare par les eaux de pluie. L'eau disparaît par évaporation et infiltration.

LA RIZICULTURE DE RUISSÈLEMENT intéresse potentiellement des dizaines de milliers d'hectares dans la zone guinéenne : Haut-Niger et Haut-Bani. Les eaux de pluies abondantes permettent la culture du riz en semis direct par irrigation et drainage au prix d'aménagements destinés à capter les eaux et à les conduire par simple gravité.

LA RIZICULTURE FLUVIALE, pratiquée depuis le Néolithique, occupe actuellement quelque 100.000 hectares mais son domaine potentiel représente 2 à 3 millions d'hectares, sur les bassins du Niger et du Bani : les plaines du lit majeur et les bras ou diverticules du lit mineur temporairement exondés. Les pluies assurent la levée et la croissance du riz pendant environ deux mois, ensuite la crue recouvre la rizière et monte parfois jusqu'à quatre mètres.

En zone soudanienne, les pluies sont suffisantes pour assurer la réussite du semis direct. alors qu'en zone sahélienne le semis direct réussit une année sur trois ou quatre parce que les pluies sont rares.

LA RIZICULTURE LACUSTRE intéresse quelques dizaines de milliers d'hectares sur les lacs de la rive gauche du Niger qui se remplissent brutalement par déversement du fleuve au-dessus d'un seuil et se vident lentement par évaporation.

Leur sol à diatomées, riche en limon, est tel que la frange capillaire au-dessus de la nappe phréatique peut atteindre un mètre. Aussi, la culture du riz s'effectue-t-elle par repiquage en décrue du haut vers le bas.

Enfin, LA RIZICULTURE IRRIGUÉE s'étend, depuis la création du barrage de Markala en 1945, sur quelque 50.000 hectares dans le delta mort du Niger. Il s'agit de la partie du delta qui, actuellement, n'est plus recouverte par la crue à cause d'une diminution de la puissance du fleuve.

Cette riziculture est classique et correspond à des conditions idéales : maîtrise totale de l'eau, terrain nivelé. Elle nécessite des aménagements coûteux : quelques centaines de milliers de francs CFA à l'hectare.

La recherche s'est jusqu'ici penchée sur la riziculture irriguée et la riziculture fluviale

La riziculture de mare est d'ailleurs insignifiante, la riziculture lacustre a été négligée par manque de moyens.

Enfin, la riziculture de ruissellement, hormis les problèmes particuliers d'aménagement, pose les mêmes problèmes agronomiques que la riziculture irriguée.

Historiquement, les recherches sur la riziculture irriguée ont été conduites indépendamment de celles sur la riziculture fluviale. Elles seront donc exposées l'une après l'autre.

LA RIZICULTURE IRRIGUÉE

1) TECHNIQUES CULTURALES DIVERSES

Les conditions de culture sont les suivantes en station :

Après la récolte qui a lieu en décembre :

pré-irrigation en avril, suivie d'un labour et d'un nivellement au Land-plane ;
épandage des engrais à la main en mai-juin, suivi d'un hersage et pulvérisage

au Crosskill ;

semis en lignes au semoir tracté, suivi d'une mise en eau de quatre-huit heures ;
puis en assec d'une dizaine de jours, suivi d'une nouvelle mise en eau ;
assec au tallage pour l'épandage de l'azote, suivi de la mise en eau définitive.

A) Densité des semis.

L'influence de la densité de semis sur le rendement a été étudiée de 1952 à 1959 en essais statistiques soignés où la concurrence des adventices était faible.

Le choix des densités tenait compte du format des grains et de l'écartement des lignes.

Sauf dans deux cas, tout à fait exceptionnels et inexplicables (Dissi n° 14 en 1957 et D 52/37 en 1959), la densité de semis peut varier en de larges limites sans que le rendement varie.

Il semble que le tallage variant en sens inverse de la densité de semis maintient finalement la même couverture végétale du sol dans tous les cas.

Les limites inférieure et supérieure des densités de semis sont donc théoriquement la capacité maximale de tallage de la variété et l'espace vital minimum nécessaire à un pied d'une talle. La densité de semis pourrait alors varier du simple au double.

Dans la pratique, le terrain est mal plané, mal préparé et mal désherbé, la levée est mauvaise et les fortes densités de semis sont conseillées.

Le tableau suivant rapporte les expériences effectuées en station depuis 1952. La signification des différences de rendement enregistrées pour les différentes densités de semis est indiquée par un trait : les densités jointes par un trait continu sont équivalentes.

Les densités actuellement préconisées en semis à la volée sont (en kg/ha) :

D 52/37	140
Gambiaka-Kakoum	140
Kading Thang	140
HKG 98	100
Phar Com En	120

Années d'essai	Variétés	Densités de semis (kg/ha)			
		80	105	130	160
1952.	Ebandioul	80	105	130	160
	Bentoubala B	80	105	130	160
	Sikasso B	80	105	130	160
1957. Blocs Fisher. 10 répétitions. Parcelles de 3 m × 80 m.	Kretek	105	130	150	
	Dissi n° 14	95	100	108	131
	Bantoubala B	95	105	115	125
	Ebandioul	70	90	100	115
	Doc Phung Lun	60	100	128	141
	Dissi n° 14	110	140	170	
1958. Blocs Fisher. 10 répétitions. Parcelles de 3 m × 47 m.	D 52 - 37	135	170	200	
	Bentoubala B	110	140	170	
	Sossoka	100	125	150	
	Gambiaka Kokoum	110	140	170	
	Néang Veng	120	140	170	
	Ebandioul	110	140	170	
	D 52 - 37	80	110	140	170
	Bentoubala B	80	110	125	140
1959. Blocs Fisher. 10 répétitions. Parcelles de 3 m × 50 m.	Sossoka	85	100	115	130

B) La date des semis.

On a étudié l'influence de la date de semis sur le cycle et sur le rendement des diverses variétés.

L'évolution du cycle en fonction de la date de semis a permis de classer les variétés en deux groupes : sensibles et insensibles à la durée du jour.

L'évolution du rendement avec la date de semis a été étudiée en trois séries d'essai.

PREMIÈRE SÉRIE.

1954 avec :

Quatre variétés sensibles à la durée du jour.

Quatre dates de semis : 1^{er} juin, 15 juin, 1^{er} juillet, 15 juillet.

Fumure : 40 kg d'azote à l'hectare, au semis.

Parcelle élémentaire de 60 m² et deux répétitions.

Pour l'ensemble des variétés, le rendement baisse avec les semis successifs dans la proportion : 100-90-84.

La verse et la hauteur diminuent également.

DEUXIÈME SÉRIE.

Pendant les trois campagnes 1960, 1961 et 1962, un grand nombre de variétés ont été étudiées quant à la photosensibilité.

Chaque semis comptait une ligne de 3 m par variété.

L'ensemble des lignes d'un même semis a été pesé.

Aucune répétition.

Les rendements par rapport au semis de mai sont les suivants :

Années	15-5	1-6	15-6	1-7	15-7	1-8
1960 : 59 variétés	100	85,5	69,7	67,8	52,7	42,4
1961 : 60 variétés	100	93,9	79,1	55,7	35,1	24,3
1962 : 60 variétés	100	96,2	84,0	89,5	65,0	35,8

Après le 1^{er} août, les rendements ont baissé de plus de 50 % par rapport à des semis en juin.

TROISIÈME SÉRIE.

En 1964, un essai split-plot met à l'étude cinq variétés sensibles à la durée du jour et quatre variétés insensibles.

Quatre dates de semis : 15 mai, 15 juin, 15 juillet, 15 août, six répétitions. Parcelle élémentaire : quatre lignes de 3 m.

Fumure : 30 kg de P₂O₅/ha et 60 kg de N/ha.

La végétation de l'essai est belle.

Les rendements fluctuent avec les dates de semis sans présenter une tendance claire à la baisse. La baisse de rendement la plus forte enregistrée est le fait d'une variété insensible à la durée du jour : 25 % entre les semis du 15 juin et du 15 août.

Les comportements des variétés sensibles et insensibles à la durée du jour ne se distinguent pas.

Enfin, une parcelle de 29 ares de D 52/37 semée le 15 août produit 4.400 kg/paddy/ha.

Ces trois séries de résultats sont contradictoires. L'expérimentation continue.

C) La date de récolte.

Des essais en 1952 ont cherché à déterminer la date optimale de moisson et battage, mesurée en nombre de jours après l'épiaison, en ce qui concerne la qualité du grain.

Des échantillons de 1 kg de paddy sont recueillis dans chaque variété en observation : 30, 35, 40, 45 jours après épiaison.

Pour se placer dans les conditions mêmes de la moisson-battage, le riz est battu dès la récolte. L'humidité du paddy est aussitôt mesurée, puis l'échantillon de 1 kg prélevé pour l'usinage est mis à sécher en magasin.

Par variété, pour chaque date de moisson, cinq échantillons de 100 g font l'objet de tests d'usinage : riz blanchi, riz entier, brisures. De nombreuses variétés ont été étudiées. Les conclusions sont :

a) Le rendement en riz entier blanchi est maximum au trente-sixième jour après l'épiaison mais est satisfaisant le trentième et le quarante-cinquième jour.

b) Au trentième jour, le poids de 1.000 grains est insuffisant. La maturité n'est pas complète.

c) Le séchage au champ et la moisson-battage avec séchage en magasin donnent les mêmes rendements à l'usinage.

En 1953, la date optimale de moisson a été déterminée en ce qui concerne le rendement en paddy. Les quatre dates de moisson précédentes donnent des rendements équivalents.

En conséquence, la moisson peut commencer dès le trentième jour après l'épiaison, l'optimum étant situé entre le trente-cinquième et le quarantième jour.

D) La préparation de la rizière.

En 1953, 1954, 1955, 1956, on a cherché à savoir si un labour profond de la rizière était bénéfique.

Le labour léger travaille à 10 cm de profondeur avec une déchaumeuse et le labour profond à 25 cm avec une charrue à disques.

Deux essais montrent une supériorité du labour profond sur le labour léger, cinq essais montrent l'équivalence, tandis qu'un essai montre la supériorité du labour léger.

Essais	Travail	Résultats (% de labour léger)		
		1953	1954	1955
1) Un essai pérenne 1953, 1954, 1955. Bloc Fisher à 9 répét. Parcelles de 5 × 100 m.	Labour léger	100	100	100
	Labour profond	103	97	100
2) Trois essais 1955. Blocs Fisher à 4 répét. Parcelles de 150 m ² .	Labour léger	100	100	100
	Labour profond	93	114	100
3) Deux essais 1956. Blocs Fisher à 4 répét.	Labour léger	100	100	
	Labour profond	100	122	

Les résultats sont contradictoires. Pour le moment, le labour profond ne s'impose pas avec évidence.

II) AMÉLIORATION VARIÉTALE

Les recherches concernant l'amélioration variétale des riz dressés, cultivés sur l'Office du Niger, ont été pratiquées sur les stations de Kayo et de Kogoni implantées respectivement en 1930 et 1948. Les résultats sont nombreux et importants.

A) Les objectifs.

L'amélioration variétale a poursuivi successivement trois objectifs, conduisant, suivant une progression normale, d'une riziculture autarcique à faible technicité à une riziculture commerciale à haute technicité. Vers 1950, l'Office du Niger se proposait, en priorité, de satisfaire les besoins alimentaires de son personnel et de l'Afrique de l'Ouest avec un riz productif et de qualité quelconque. Secondairement, l'Office envisageait d'exporter vers les pays développés des riz de luxe coûteux.

L'objectif numéro un était donc la productivité, mais celle-ci devait être atteinte sans engrais ; à cette époque, ce dernier ne pouvait être vulgarisé d'emblée dans un milieu humain non réceptif. Pour des raisons d'organisation du travail, il était indispensable d'utiliser des variétés dont les dates de récolte respectives s'échelonnassent suffisamment dans le temps.

Enfin, une partie des périmètres rizicoles étant cultivés mécaniquement, il fallait des variétés résistantes à la verse.

Les objectifs de l'amélioration variétale étaient donc alors :

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

Vers 1960, les bouleversements politiques ont retiré à l'Office le marché privilégié de l'Afrique de l'Ouest. L'Office du Niger devenait une entreprise d'Etat chargée de procurer à l'Etat des ressources financières.

L'ancienne clientèle est aussi devenue plus exigeante quant à la qualité du riz. Le grain long devint un objectif aussi important que la productivité.

Actuellement, depuis 1963, a commencé la recherche de variétés répondant bien à l'engrais.

Ce nouvel objectif n'est pas imposé d'une façon pressante par les circonstances actuelles, mais la recherche doit déjà préparer la prochaine décennie où l'engrais fera partie de la panoplie du bon riziculteur malien.

B) Résultats de l'amélioration variétale.

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 l'hybridation.

Années	Variétés vulgarisées	Origine	Cycle	Format paddy			Productivité	
				L	l	L/l	% témoin	kg/ha en 1962
1952	Bentoubala B Sikasso H Sikasso B Ebandioul	Mali Mali Mali Sénégal	Saison Tardif Tardif Tardif	10,0	2,6	3,8	100	
				9,3	3,2	2,9	100	
							100	
							100	
1953 1954	Idem + Dissi N 14	Guinée	Précoce	9,2	2,7	3,4	100	
1955 1956 1957 1958	Idem + Makalioka 823	Madagascar	Précoce				90	
1959 1960 1961	Idem + Dissi S 290 D 52 - 37 Sossoka Gbé	Sélection Sierra Leon Guinée	Précoce Précoce Saison	10,1 10,9 8,6	2,5 2,6 2,7	4,0 4,2 3,2	100 130 130	4.840
1962	D 52 - 37 Sossoka Gbé Gambiaka - Kokoum Kading - Thang HGK 68 Doc Phung Lun	Vu Vu Mali Indochine Hybride Indochine	Saison Tardif Tardif Très tardif	10,0	2,7	3,7	120	4.847
				10,7	2,7	3,9	100	5.182
				8,5	3,1	2,7	130	5.491
				9,2	2,8	3,3	100	4.652
1963	Idem sauf Doc Phung Lun remplacé par Phar Com En	Cambodge	Très tardif	9,0	2,5	3,6	130	

Les variétés de référence pour chaque classe de précocité sont :

Précoce : Dissi n° 14.

Saison : Bentoubala B.

Tardif : Ebandioul.

Très tardif : Doc Phung Lun.

D'une part, les classes de précocité représentées passent de deux en 1952 à quatre en 1962.

D'autre part, dans chaque classe de précocité, un progrès a été accompli quant au rendement et au format.

Dissi n° 14 a été remplacé par D 52/37 et Dissi S 290 en secteur mécanisé (résistance à la verse). Bentoubala B par Gambiaka-Kokoum, Ebandioul par Kading-Tchang et HKG, Doc Phung Lun par Phar Com En. Les populations locales ont fourni au début toutes les variétés vulgarisées puis, sauf Gambiaka-Kokoum et Sossoka, elles ont été remplacées par des variétés introduites.

Les rendements de 1962 sont ceux des élites II. Multiplications d'environ un hectare par variété ayant reçu 30 kg de N/ha et 100 kg/ha de supertriple. Ces rendements correspondent à des cultures parfaitement réussies (levée excellente et désherbage soigné) et reflètent bien la productivité potentielle des variétés actuelles.

Outre ces variétés vulgarisées, la collection restreinte actuelle conserve un certain nombre de variétés à productivité équivalente aux témoins ou tout au moins élevée.

La liste des variétés retenues pour leur productivité élevée se compose de :

- 24 variétés issues de populations locales ou introduites d'Afrique de l'Ouest ;
- 18 variétés introduites d'ailleurs ;
- 1 variété issue d'hybridation (Sikasso H × Fortuna).

Il apparaît avec évidence que les variétés autochtones sont dans l'ensemble les mieux adaptées à une riziculture de saison sans engrais. Par contre, toutes les variétés américaines ou italiennes, essayées en grand nombre, ne convenaient pas du tout. Leur productivité atteignait 50 % de celle des variétés Ouest-Africaines.

La majorité des variétés introduites satisfaisantes proviennent de : Inde, Birmanie, Thaïlande, Indochine, Indonésie.

L'hybridation a produit une lignée remarquablement productive mais unique. Sans doute, les rôles de l'introduction et de l'hybridation deviendront prépondérants en culture de saison avec engrais ou en culture de contre-saison, cultures pour lesquelles les variétés autochtones ne seront plus naturellement adaptées. Enfin, toutes les variétés actuellement cultivées sont sensibles à la durée du jour.

RIZ À CONTRE-SAISON.

Dans le cadre de l'intensification de la riziculture, il a pu être établi en 1962 (après des essais infructueux avec des riz européens trop tardifs), que la culture du riz à contre-saison était parfaitement possible dans les conditions particulières de l'Office du Niger.

Certaines variétés de type « japonica » (Pe-Bi-Fun, Norin, certains Taichung) se sont montrées capables de produire des rendements de l'ordre de 4 t/ha.

Ces variétés, mises en place vers la mi-décembre après la récolte des « indica » précoces, ont permis de faire deux récoltes de riz dans l'année sur la même parcelle expérimentale. (Du fait de l'exigence en engrais de ces variétés, il y eut un apport de 100 kg/ha de supertriple en fond et 400 kg/ha de sulfate d'ammoniaque, moitié au semis, moitié au tallage.)

LA RIZICULTURE FLUVIALE

1) GÉNÉRALITÉS

Cette riziculture étant particulière, il est nécessaire d'exposer son principe, ses conditions naturelles, ses pratiques, avant d'exposer les efforts et les résultats de la recherche.

Le principe de cette culture est le suivant : le riz lève avec les pluies ; au bout d'un à deux mois la crue atteint des plants de riz suffisamment développés pour suivre la montée de l'eau ; le riz fleurit et mûrit soit pendant la crue, soit pendant la décrue.

Les conditions naturelles sont les suivantes :

PLUIE. En zone soudanienne, les pluies de juillet et août assurent généralement une bonne levée tandis qu'en zone sahélienne la levée des semis directs est aléatoire à cause de la pluviométrie insuffisante.

CRUE. La crue est plus ou moins précoce et plus ou moins forte. En général, elle relaie les pluies au moment où celles-ci s'arrêtent en zone soudanienne alors qu'en zone sahélienne, à une cote comparable, la crue arrive après la fin des pluies.

POISSONS. La crue entraîne de nombreux poissons rizophages. Dans certains cas, les champs sont entièrement détruits : des petits poissons comme *Alestes dentex* sectionnent seulement les jeunes tiges de riz, de gros poissons comme *Distichodus* poursuivent l'attaque des tiges jusqu'à la récolte.

Dans ces conditions, l'application du principe de culture susdit par le paysan donne lieu aux pratiques suivantes :

A) Semis.

DATES DE SEMIS.

En zone soudanienne, on sème dès l'installation des pluies, pratiquement début juillet. En zone sahélienne, on tente plusieurs semis successifs dans l'espoir de tomber sur une pluie favorable.

COTE DES SEMIS.

En zone soudanienne, on recherche les profondeurs moyennes (1,50 m d'eau au maximum de crue) où la crue se présente alors que le riz est déjà bien développé et résistera mieux à la crue et aux poissons. On y trouve cependant des rizières portant jusqu'à 4 m d'eau.

En zone sahélienne, on est obligé de s'implanter sur les terres basses (3 à 4 m d'eau au maximum de crue) pour que la crue arrive assez tôt.

Alors, les attaques de poissons sont à craindre particulièrement.

PRÉPARATION DU TERRAIN ET MODE DE SEMIS.

La première opération de mise en culture d'une nouvelle terre ou d'une jachère consiste à dessoucher les touffes de graminées, comme vetiver, et faucher les herbes annuelles alors que le terrain est recouvert de 50 cm à 1,50 m d'eau. Les herbes sont fauchées au-dessous de l'eau ; elles flottent en surface et peuvent causer des dégâts aux cultures voisines si le vent les pousse dessus. Cependant, après deux mois, les herbes ont disparu par pourrissement.

Après le retrait de la crue ou de la récolte, dès que la couverture du sol est sèche, on la brûle.

En zone soudanienne commencent aussitôt les labours, soit à la daba, soit le plus souvent à la charrue attelée à un couple de bœufs. Etant donné le fort égrenage des variétés locales, le labour constitue en même temps un semis et un enfouissement.

Au moment du semis, le grain est jeté sur les mottes sans enfouissement. Les semences sont alors réparties en surface et en profondeur. Parfois, les mottes sont cassées à la daba.

En zone sahélienne, le travail du sol consiste en un simple grattage à la daba, juste après un semis sur la terre compacte. Parfois même, aucun travail du sol n'a lieu : le grain est balayé dans les crevasses du sol.

DENSITÉ DE SEMIS.

En zone soudanienne, la densité avoisine 60 kg de semences à l'hectare tandis qu'en zone sahélienne elle est plus élevée, jusqu'à 100 kg à l'hectare, à cause de la crainte des poissons et de la sécheresse. Mais le semis n'a pas lieu chaque année, souvent l'égrenage est suffisant pour ensemercer le terrain.

B) Soins d'entretiens.

Le désherbage est effectué traditionnellement à la main avec beaucoup de soin, en deux temps : une première fois, avant la crue, le paysan arrache les herbes précoces comme les cypéracées ; une seconde fois, dans la crue, le paysan passe pour arracher les herbes flottantes, surtout les riz sauvages *O. barthii* et *O. breviligulata*.

C) La récolte.

En zone soudanienne, la récolte a lieu pour une faible partie en pirogue, dans la décrue. Elle concerne les variétés précoces que le paysan est pressé de manger. L'essentiel de la récolte a lieu en assec, juste après le retrait de la crue. Là où l'eau se retire tard, les panicules traînent dans l'eau et l'égrenage est important.

En zone sahélienne, la récolte s'effectue pendant la crue, en pirogue.

D) Aménagements traditionnels.

En zone sahélienne, le paysan édifie autour de sa rizière une digue submersible percée d'ouvertures munies de fagots d'épine. Les attaques de poissons sont alors supprimées pendant le jeune âge du riz.

E) Variétés.

Les variétés actuellement utilisées sont, d'une part, des riz dressés en zone haute où la profondeur d'eau ne dépasse guère 1 m, et, d'autre part, des riz flottants aux profondeurs supérieures.

Les riz dressés sont tous asiatiques à péricarpe blanc, originaires soit de l'Afrique de l'Ouest (Gambiaka, Dissi, Bentoubala), soit de l'Office du Niger (D 52/37, Gambiaka-Kokoum).

Les riz flottants appartiennent en majorité à l'espèce africaine : *Oryza glaberrima*, mais comme on le verra dans le chapitre suivant, des variétés asiatiques ont déjà fait souche dans la riziculture fluviale.

D'après les dénominations vernaculaires, le nombre des variétés *glaberrima* atteint la centaine en zone soudanienne, la vingtaine en zone sahélienne. Toutes ces variétés ont des épilletts très sensibles à l'égrenage et à péricarpe rouge.

II) LES AMÉLIORATIONS RECHERCHÉES ET OBTENUES

Les efforts en vue d'améliorer la riziculture fluviale comportent historiquement deux phases : la première phase 1920-1950 regroupe des efforts individuels de divers administrateurs ou riziculteurs, la deuxième phase est caractérisée par une volonté organisée de développer la riziculture fluviale, volonté qui se traduit par la création du Centre de Recherches Rizicoles de Kankan, en Guinée, et de sa station satellite d'Ibetemi, au Mali. En même temps, démarrent les aménagements rizicoles. Chaque période sera présentée successivement.

A) Période 1920-1950.

Cette période a vu les premières introductions et sélections de riz asiatique flottant, l'introduction et la vulgarisation de la charrue attelée, enfin des essais sommaires de repiquage du riz flottant.

Vers 1920, fut introduite depuis l'Indochine en Afrique occidentale une variété-population : Indochine flottant. Elle est un mélange de péricarpes blancs ou rouges, d'apex jaunes ou bruns, de stigmates blancs ou pourpres. Tous les épilletts ont une longueur comprise entre 7 mm et 8,5 mm. Pour un semis du 15 juillet, la date de récolte est homogène, vers le 20 décembre à Mopti (14°5 latitude Nord).

Cette population fut soumise à la sélection des riziculteurs et à la ségrégation géographique : le résultat est l'éclatement de la population d'origine en plusieurs variétés agraires, différant surtout par le taux de péricarpes rouges, aux appellations suivantes : Metré Ouoro, Chinois, Grisonné, Lalande, Bomboï, Siniman, etc.

Ces appellations prouvent le succès de cette variété auprès des riziculteurs, sans qu'elle ait fait l'objet au préalable d'essais agronomiques.

Après l'essai de divers modèles, l'utilisation de la charrue attelée a été reconnue possible et son usage vulgarisé en raison des avantages suivants :

rapidité ;

efficacité : le labour est plus profond, plus homogène ;

propreté du sol : enfouissement des graines adventices et exposition au soleil des rhizomes de riz sauvage.

Le repiquage du riz flottant Indochine a été essayé sans succès à Diafarabé, tandis qu'à Ferkessedougou, en Côte-d'Ivoire, ce procédé eut quelque faveur vers 1942. En l'absence de renseignements sur ces essais, le repiquage dans la crue reste une technique à étudier pour la zone sahélienne où le semis direct est aléatoire.

B) Période 1950-1965.

Les améliorations recherchées consistaient à supprimer les accidents dus à la crue et aux poissons grâce à des aménagements rizicoles et à trouver des variétés flottantes à caryopse blanc, résistantes à l'égrenage, productives.

1° LES AMÉNAGEMENTS EN RIZICULTURE FLUVIALE

L'aménagement consiste simplement à entourer le périmètre rizicole d'une digue insubmersible munie d'ouvrages qui permettent de retarder l'entrée ou la sortie de l'eau et d'interdire l'entrée du poisson. De nombreux aménagements ont été ainsi construits de 1950 à 1960 représentant quelque 50.000 ha, au coût de 20.000 à 30.000 F/ha.

Leur effet bénéfique ne s'est pas encore fait sentir. Ils sont terminés depuis peu. Il s'agit actuellement d'apprendre à s'en servir. Les dispositifs de maîtrise de l'eau et des poissons ne sont pas encore au point, tandis que les consignes relatives aux cotes et dates de semis et à la conduite de l'eau sont rarement déterminées.

Cependant, déjà en 1965, à Mopti, l'aménagement de Mopti Sud a permis de belles récoltes sur quelques centaines d'hectares qui n'auraient rien produit en conditions naturelles à cause de pluies tardives et d'une crue précoce.

2° L'AMÉLIORATION VARIÉTALE

Jusqu'en 1963, l'amélioration variétale a porté sur la recherche de riz flottants à caryopse blanc, résistants à l'égrenage, productifs, de cycles variés permettant une récolte en assec, que la décrue soit précoce ou tardive, que la rizière soit haute ou basse.

A partir de 1963, les objectifs sont devenus plus variés et plus nuancés ; le caryopse rouge n'est plus un vice rédhibitoire.

Outre les objectifs précédents, on cherche :

α) à préciser les domaines respectifs d'utilisation du riz dressé et du riz flottant, eu égard essentiellement à la productivité ;

β) des variétés flottantes résistant à la sécheresse au moment de la levée et des variétés flottantes aptes au repiquage dans la crue. De telles variétés sont indispensables au développement de la riziculture fluviale en zone sahélienne.

a) LES PROCÉDÉS UTILISÉS.

Depuis 1952, la station d'Ibetemi a rassemblé une collection d'environ 100 variétés locales *glaberrima* et 250 variétés asiatiques. Les introductions les plus importantes eurent lieu en 1961 (144 variétés du Pakistan, 28 variétés de Thaïlande), en 1962 (58 variétés du Vietnam du Sud), en 1964 (70 variétés du delta central nigérien).

Ces variétés sont toutes des populations. Elles sont étudiées pour :

les caractères botaniques essentiels ;

les caractères agronomiques suivants : cycle et aptitude à la flottaison.

Chaque variété-population est alors dissociée en autant de types botaniques et agronomiques qu'elle contient.

Ces types homogènes sont alors soumis à des épreuves de rendements à diverses profondeurs, en comparaison avec des riz dressés lorsque la profondeur le permet. L'épreuve de rendement consiste en un essai bloc de FISHER à 10 répétitions et parcelles élémentaires de taille variable suivant le nombre de variétés à comparer.

Des semis échelonnés permettent de connaître l'évolution du cycle en fonction de la date de semis.

Des études de dormance et de taux de fécondation croisée sont actuellement en cours.

L'étude de la résistance à la sécheresse vient d'être entreprise et les techniques sont encore à mettre au point.

b) RÉSULTATS

α) DOMAINES RESPECTIFS DU RIZ DRESSÉ ET DU RIZ FLOTTANT.

Lorsque la crue n'est pas trop précoce ni trop rapide, le riz dressé est capable de pousser jusqu'aux environs d'une profondeur de un mètre.

Deux essais, conduits en 1964 et 1965 dans une profondeur de un mètre, ont montré la supériorité du riz flottant sur le riz dressé quant au rendement, supériorité allant de 15 à 30 %.

La comparaison à des profondeurs plus faibles doit encore être faite.

β) PRODUCTIVITÉ DES *sativa* FLOTTANTS.

Les diverses collections testées et essais comparatifs conduits depuis 1962 font ressortir les variétés suivantes : Malobadian, Indochine G, Khao Gaew, Mali Sawn.

Variété	Origine	Maturité	Productivité	
			% Indochine G	kg/ha Elites II 1964
Malobadian	Guinée	5 - 12	—	—
Indochine G	Indochine	20 - 12	100	1.900
Khao Gaew	Thaïlande	5 - 1	120	2.350
Mali Sawn	Thaïlande	15 - 1	130	—

La date de maturité correspond à une levée du 15 juillet. La productivité par rapport à Indochine G est une estimation d'après les rendements dans les divers essais statistiques où figuraient simultanément Indochine G et les autres variétés. Malobadian n'a pas été comparé à Indochine G et sa productivité en grande culture est inconnue ainsi que celle de Mali Sawn.

γ) PRODUCTIVITÉ DES *glaberrima*.

La comparaison statistique des *glaberrima* et des *sativa* est peu avancée.

Les quelques essais comparatifs conduits en 1957, 1958 et 1959 révèlent des variétés *glaberrima* aussi productives qu'Indochine G.

Un essai à 10 répétitions, conduit en 1965, comparait le riz *glaberrima* Mogo à Mali Sawn dans 3,50 m d'eau, sur un sol très riche. Mogo a donné 3 t/ha sur 5 ares alors que Mali Sawn ne donnait que 1,5 t/ha. La productivité du riz africain peut donc être excellente dans la mesure où tout le grain est récolté sans qu'il y ait égrenage. Le mauvais rendement de Mali Sawn relève de sa mauvaise résistance à la sécheresse au moment de la levée.

δ) RÉSISTANCE À LA SÉCHERESSE.

La résistance à la sécheresse, deux mois après la levée, a été étudiée au Japon sur des *sativa* et *glaberrima*.

L'étude conclut à une supériorité du *sativa* sur le *glaberrima* quant à la capacité de survivre à une forte sécheresse (MORISHIMA, HINATA et OKA, 1962).

Par ailleurs, le paysan du delta central nigérien préfère cultiver de l'Indochine sur les terres hautes où la crue parvient avec du retard sur la fin des pluies.

Cependant, les observations pratiquées en station au cours de la campagne 1965 révèlent une résistance à la sécheresse du *glaberrima* supérieure à celle du *sativa* au moment de la levée. En effet, les semis eurent lieu vers le 5 juillet. Par suite d'une pluviométrie insuffisante, la levée s'échelonna du 15 juillet au 10 août. La levée terminée, les parcelles de *glaberrima* apparurent complètes en pieds alors que les parcelles de *sativa* étaient à moitié vides. Les rendements des *sativa* furent médiocres. Les parcelles de *glaberrima* produisirent généralement le double des parcelles de *sativa* du même essai.

Les diverses variétés *sativa* donnèrent en multiplication sur 2 ha chacune des rendements allant de 1 t à 1,3 t/ha.

Il semble donc que la capacité de survie au moment de la levée soit à distinguer de la capacité de survie après deux mois de végétation.

ε) LE CYCLE.

Pour une date de levée du 15 juillet, les maturités des divers *sativa* s'échelonnent du 22 novembre au 15 janvier, tandis que celles des *glaberrima* s'échelonnent du 1^{er} novembre au 20 décembre.

Des semis échelonnés du 15 juin au 15 août en condition irriguée font apparaître que tous les riz flottants, *sativa* comme *glaberrima*, sont sensibles à la durée du jour.

Les *glaberrima* ont la date d'épiaison la plus fixe. Les *sativa* précoces ont une date d'épiaison moins fixe que les *sativa* de saison et les *sativa* tardifs.

Le mouvement de l'eau n'influe pas sur la date d'épiaison. Que l'eau monte, reste stable ou descende, la variété fleurit à la même date.

Par contre, le cycle raccourcit lorsque la latitude augmente.

Ainsi, le cycle de Mali Sawn raccourcit de 15 jours entre Mopti (14°5 latitude Nord) et Tombouctou (16°3 latitude Nord).

RÉSUMÉ. — Les Auteurs situent d'abord la production rizicole dans l'économie agricole du Mali. Production de plus de 200.000 t sur près de 220.000 ha dont 54.726 aménagés (29.000 à l'Office du Niger) et 164.774 en culture traditionnelle. Le paddy récolté est traité dans sept rizeries.

Ils décrivent ensuite succinctement les conditions écologiques de cette riziculture : configuration de la vallée, pluviométrie et crues, sols.

Enfin, les Auteurs indiquent succinctement les perspectives de développement pour l'avenir : création d'aménagements nouveaux, hors Office du Niger (40.000 ha) ; extension des superficies cultivées dans les aménagements actuels (15.000 ha) ; intensification de l'exploitation.

Les résultats des recherches rizicoles menées jusqu'à présent au Mali sont alors exposés.

LE SOL. ETUDES PÉDOLOGIQUES ET PROBLÈMES DE FERTILISATION

1) OFFICE DU NIGER

A) ETUDES PÉDOLOGIQUES. CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES SOLS.

L'Auteur rappelle la classification pédologique (vernaculaire) des sols de l'Office du Niger : sols bruns, sols brun rouge subarides, sols ferrugineux tropicaux, sols hydromorphes ; dans cette catégorie, les sols Boi fong, Boi, Danga et Danga blé conviennent le mieux à la riziculture.

Au point de vue physique, on note des variations très sensibles de texture et des différences de structure importantes par leurs répercussions agronomiques.

Les caractéristiques chimiques sont ensuite passées en revue : faible teneur en matière organique, neutre ou plus acide dans le Boi fong, faible teneur en tous éléments minéraux, et en azote notamment qui joue un rôle de facteur limitant.

Les interprétations de ces diverses analyses conduisent à mettre l'accent sur certaines pratiques : assurer un bon planage ;

effectuer des travaux ou façons favorables :

sous-solage profond,
labour du sol à humidité appropriée ;

faire des apports de matières organiques et minérales pour améliorer la structure, abaisser le rapport Na/Ca et corriger le pH parfois trop acide.

Les relations entre les propriétés chimiques et fertilité sont indéterminées.

L'Auteur rapporte les résultats des essais conduits sur divers types de sols concernant l'intensité de la vie microbienne, la fixation de l'azote atmosphérique, la dégradation de la cellulose, la nitrification qui peut dans certaines conditions aboutir à la formation de nitrites.

B) CONSERVATION DU SOL. FERTILISATION.

En matière d'expérimentation sur la fertilisation, il faut distinguer trois périodes :

1945-1949 : expérimentation précise, Kayo ;

1949-1959 : exploitation des résultats obtenus ;

depuis 1962 : à nouveau, étude des problèmes d'utilisation d'une fumure NPK équilibrée.

L'Auteur fait alors la synthèse des essais effectués depuis vingt ans :

1) Peu de différences entre les types d'assolement comparés.

2) Fumure organique.

Les essais ont porté sur l'emploi de l'engrais vert avec ou sans phosphate, de divers engrais verts, de fumier artificiel et sur l'enfouissement de paille de riz. La paille enfouie (avec ou sans NPK) accroît les rendements et a une action favorable sur la structure ; stabilité accrue des agrégats, perméabilité améliorée.

3) Fumure minérale.

Les essais effectués sont passés en revue dans le cadre des trois périodes déjà citées :

1945-1949. Essais effectués à Kayo.

Essais de doses croissantes d'azote avec ou sans complément phosphopotassique.

Essais de diverses formes de P_2O_5 avec ou sans complément d'engrais vert ou

de chaux.

Essais NPK.

Essais de diverses formes d'azote.

1949-1960. Ces essais ont essentiellement porté sur les équilibres NPK, sur les formes, doses, modalités et époques d'épandage de l'azote.

A partir de 1962, sur la station de Kogoni, essai de chacun des éléments de N, notamment à doses croissantes, alors que l'un des deux autres ou les deux autres sont apportés à dose constante.

L'efficacité de l'apport d'azote est confirmée, sauf à très hautes doses, tout au moins pour la variété utilisée : D 52/37.

II) ZONE HORS OFFICE DU NIGER

Il s'agit d'une riziculture semi-aménagée avec maîtrise partielle de l'eau de pluie, de crue ou des deux.

A) ETUDES PÉDOLOGIQUES. CARACTÉRISTIQUES DES SOLS.

Dans la Haute Vallée du Niger, les sols appartiennent à deux catégories :

Sols à taches et concrétions en surface sur des alluvions complexes à recouvrement argileux ; ils constituent l'essentiel des sols rizicultivés.

Sols à taches sans concrétions de surfaces convenables à la riziculture mais souvent fatigués.

Dans la Moyenne Vallée du Niger, dans la cuvette de Segala Niamine, on trouve des sols à hydromorphie partielle de surface et de profondeur, tandis que dans la cuvette de Sourbasso il s'agit de sols à hydromorphie totale et temporaire, à pseudogley.

L'Auteur donne des analyses caractéristiques des sols de ces deux cuvettes.

Enfin, à Ibetemi Mopti, il s'agit de sols longtemps inondés, hydromorphes minéraux.

B) CONSERVATION DU SOL. FERTILISATION.

L'expérimentation n'en est qu'à ses débuts.

L'Auteur passe en revue l'action :

de la fumure organique (enfouissement des pailles) ;

de la fumure azotée efficace, mais rentable seulement dans le cas de rizières aménagées) ;

de la fumure phosphatée parfois efficace ;

de la fumure potassique rarement efficace.

L'AMÉLIORATION DES VARIÉTÉS ET DES TECHNIQUES CULTURALES

En fonction des conditions hydrauliques et de sol, et des modes de culture, on peut reconnaître plusieurs types de riziculture au Mali :

Riziculture pluviale :

de mare ;

de ruissellement.

Riziculture fluviale :

soudanienne ;

sahélienne.

Riziculture lacustre.

Riziculture irriguée.

La riziculture irriguée et la riziculture fluviale sont les plus importantes.

RIZICULTURE IRRIGUÉE.

a) Techniques culturales.

Les essais conduits de 1952 à 1959 montrent que selon les variétés, les densités à préconiser pour les semis directs en lignes varient de 100 à 140 kg.

En ce qui concerne l'influence de la date de semis sur le cycle et le rendement des diverses variétés, on a pu déterminer deux groupes de variétés, celles sensibles, les autres insensibles à la durée du jour ; trois séries d'essais conduits depuis 1954 ont donné des résultats contradictoires mais avec une tendance fréquente à une baisse de rendement pour les semis tardifs.

On a, par ailleurs, cherché à déterminer la date de récolte optimum ; la moisson faite 36 jours après l'épiaison donne les meilleurs rendements à l'usinage, le séchage au champ ou le séchage en magasin dans le cas de moissonnage-battage étant équivalents.

En matière de travail du sol, les essais n'ont pu mettre en évidence la supériorité de labour profond.

b) Amélioration variétale.

Poursuivie à l'Office du Niger, dans les stations de Kayo et Kogoni, cette amélioration avait pour objectifs :

- recherche de variétés de bonne productivité (sans apport d'engrais) ;
- large gamme de cycles ;
- résistance à la verse ;
- riz à grain long si possible pour l'exportation vers les autres pays d'Afrique de l'Ouest.

Depuis ces dernières années, le quatrième objectif a pris une importance majeure, tandis que récemment la recherche de variétés répondant à la fumure devient urgente.

L'Auteur donne un tableau des caractéristiques des variétés vulgarisées dans l'ordre chronologique de leur création, fournissant des renseignements particuliers sur les meilleures des variétés retenues.

Jusqu'à présent, c'est la sélection de variétés locales qui a fourni les meilleurs résultats, l'hybridation n'ayant produit qu'une seule lignée remarquablement productive.

En outre, l'irrigation permet d'excellentes cultures de variétés de type japonica.

RIZICULTURE FLUVIALE.

Après description détaillée des caractéristiques de ce type de riziculture, l'Auteur fait état des travaux de recherches et des aménagements exécutés pour l'amélioration de cette riziculture.

Deux phases peuvent être distinguées :

Première phase 1920-1950.

Elle fut marquée par :

- a) l'introduction de la variété population flottante : Indochine, qui a connu un réel succès et dont la ségrégation géographique en plusieurs variétés s'est réalisée surtout en fonction du taux de caryopses à péricarpes rouges ;
- b) l'introduction et la vulgarisation de la charrue attelée ;
- c) l'essai de repiquage du riz flottant indochinois.

Deuxième phase 1950-1960.

Elle a été marquée par deux types d'intervention :

a) réduction des aléas hydrauliques par aménagement des périmètres rizicoles consistant en un endiguement insubmersible muni d'ouvrages régulateurs d'admission et de sortie de l'eau.

50.000 ha ont été aménagés et ont déjà donné de bons résultats à Mopti.

b) amélioration variétale des riz flottants ayant pour objectifs : caryopse blanc, résistance à l'égrenage, productivité, diversité des cycles culturels et, depuis 1963, comparaison de variétés flottantes et dressées, résistance à la sécheresse en début de végétation et possibilité de repiquage.

Des essais variétaux ont dû être entrepris sur une vaste collection d'O. glaberrima et d'O. sativa flottants de toutes origines et se poursuivent dans des conditions diverses de hauteurs de crue et de dates de semis. Les résultats déjà obtenus sont parfois contradictoires et doivent être confirmés par les essais en cours ; il semble cependant que tous les riz flottants sont photosensibles et qu'en matière de résistance à la sécheresse, la capacité de survie lors de la levée soit indépendante de celle après deux mois de végétation.

SUMMARY.—The Authors firstly describe the part played by rice production in the agricultural economy of Mali. Production is of over 200.000 t on about 220.000 ha of which 54.726 are rationally cultivated (29.000 at the "Office du Niger") and 164.774 are traditionally cultivated. The paddy harvested is processed in seven rice-mills.

The ecological conditions of this rice cultivation are then briefly described : the shape and configuration of the valley; rainfall and floods; soils.

Finally, the Authors briefly indicate the possibilities of future development:
 development of new areas, outside the "Office du Niger" (40.000 ha);
 extension of the areas cultivated in the present developed zones (15.000 ha);
 intensified cultivation.

The results obtained from the rice research which has been carried out until now in Mali are then given.

SOIL. SOIL STUDY AND PROBLEMS OF FERTILIZATION

I) OFFICE DU NIGER

A) SOIL STUDY. PHYSICAL AND CHEMICAL CHARACTERISTICS OF SOILS.

The Author reminds us of the soil classification (vernacular) at the "Office du Niger": brown soils, reddish brown steppe soils, gray ferruginous soils, hydromorphic soils; in this latter category, the Boi fing, Boi, Danga and Danga blé soils are the most suitable for rice-cultivation.

From the point of view of physics, the significant variations in texture and differences of structure noted have important repercussions on agriculture.

The chemical characteristics are then reviewed: low content in organic matter, neutral or more acidic in the Boi fing, low content of all minerals, particularly nitrogen which is a limiting factor.

As a result of interpretations of these various analyses, added importance is being placed on certain cultural practices.

Recommended are:

the ensuring of a good levelling;
 the application of good cultural practices:

deep subsoiling,
 ploughing of soil which has an appropriate moisture content;

the use of manure and fertilizers in order to improve structure, to lower the ration Na/Ca and to correct the occasionally too acid pH.

The relations between chemical characteristics and fertility are not clear.

The Author reports on the results of tests carried out on various types of soil in order to determine the intensity of microbial life, the fixation of atmospheric nitrogen, the degradation of cellulose and the nitrification which, under certain conditions, can result in the formation of nitrite.

B) SOIL CONSERVATION. FERTILIZATION.

As regards experiments on fertilization, three periods can be distinguished:

1945-1949: precise experimentation, Kayo;

1949-1959: exploitation of the results obtained;

since 1962: further study of the problems concerning the application of a balanced NPK treatment.

The Author then synthesizes the results of tests carried out over the last twenty years:

1) Little difference between the different types of rotation compared.

2) Manuring.

Tests have been carried out on the applications of green manures with or without phosphate, on various green manures, on artificial farmyard manure and on rice straw-manuring. Straw-manuring (with or without NPK) increases yields and has a favourable effect on structure; there is an increase in aggregate stability, permeability is improved.

3) Use of fertilizers.

Experiments are reviewed in the framework of the three periods mentioned above:

1945-1949. Trials carried out at Kayo.

Tests on the increasing rates of nitrogen with or without supplementary phosphate potash applications.

Trials on P_2O_5 applied under different forms with or without supplementary green manure or lime.

Tests to determine the efficacy of NPK applications.

Trials of various forms of nitrogen.

1949-1960. These experiments have principally concerned the NPK balance and nitrogen, its mineral forms, the determination of suitable doses, methods and time of application.

Since 1962, at the Kogoni station, there have been trials with each element, particularly N, in increasing doses, while one or both of the other elements are applied at a constant rate.

The efficiency of nitrogen applications is confirmed, except when it is applied in very large doses, at least as regards the variety tested: D 52/37.

II) AREA OUTSIDE THE "OFFICE DU NIGER"

This area is characterized by rice cultivation in semi-developped areas with partial control of water: rainwater or flood water, or both.

A) PEDOLOGICAL STUDY. SOIL CHARACTERISTICS.

In the Upper Niger Valley, soils belong to two categories:

Soils with mottles and surface concretions on complex alluvium with clay overlay. These constitute the largest part of soils devoted to rice cultivation.

Soils with mottles but without surface concretions, suitable for rice cultivation but often exhausted.

In the middle part of the Valley of the Niger in the Segala Niamine Basin, soils partially hydromorphic in top soil and at depth often occur, while in the Sourbasso basin totally but temporarily hydromorphic and surface water gley soils are found.

The Author gives analyses of soil characteristics in the two basins.

Finally, at Ibetemi Mopti, soils are of the hydromorphic mineral type, flooded for a long time.

B) SOIL CONSERVATION. FERTILIZATION.

Experimentation is still in the early stages.

The Author reviews the effect of:

manuring (straw manuring);
efficient nitrogen fertilizers, although they are profitable only in the case of developed rice fields;
phosphate fertilizers, sometimes efficient;
potash fertilizers, rarely efficient.

VARIETY AND CULTURAL PRACTICE IMPROVEMENT

Several different types of rice cultivation are current in Mali. They are classified according to the varying hydraulic and soil conditions, and to the different cropping systems practised:

Rainfed rice cultivation:

from a pond;
by run-off.

Fluvial rice cultivation:

soudanan;
sahelian.

Lacustral rice cultivation.

Irrigated rice cultivation.

Irrigated and fluvial rice cultivation are the most important.

IRRIGATED RICE CULTIVATION.

a) Cultural practices.

Tests carried out from 1952 to 1959 show that in the case of direct drilling, the seed rate to be recommended varies, according to variety, between 100 and 140 kg.

With regard to the effect of the sowing date on the cycle and yield of the various varieties, two groups of varieties have been determined: those susceptible to, and those not susceptible to, day-length. Three series of tests carried out since 1954 have given contradictory results, nevertheless showing that a tendency to decreasing yield seems to be frequent in the case of late sowing.

Attempts have also been made to determine the optimum harvest date; it has been found that a harvest 36 days after heading gives the best milling output; drying in the field, or in storage in the case of threshing-harvesting, gives equivalent results.

Concerning tillage, tests have not been able to prove the superiority of deep ploughing.

b) *Variety improvement.*

These improvements, carried out at the Office du Niger, in the Kayo and Kogoni stations, aimed at:

- searching for high-productive varieties (without fertilizer applications);
- large range of cycles;
- resistance to lodging;
- long-grained rices for exportation to the other Western African countries.

During the last few years, the 4th objective has become more and more important, while the search for varieties capable of responding to manure is rapidly becoming urgent.

The Author provides a table of the characteristics of the varieties popularized, noted chronologically in order of development; he adds more detailed information about the best of the varieties selected.

Until now, selected local varieties have given the best results, hybridization having produced only one remarkably productive line.

Moreover, irrigation allows excellent crops of the japonica type to be obtained.

FLUVIAL RICE CULTIVATION.

After having described in detail the characteristics of this type of rice cultivation, the Author reports on the research and development works carried out with the aim of improving this rice cultivation.

Two stages can be distinguished:

First stage: 1920-1950.

It was characterized by:

- a) the introduction of the floating "population variety" Indo-China, which was very successful. The geographical segregation of Indo-China into several different varieties was achieved by taking into account the rate of caryopses with red pericarps;
- b) the introduction and extension of the use of the animal drawn plough;
- c) tests on the transplantation of Indo-Chinese floating rice.

Second stage 1950-1960:

It was characterized by two kinds of intervention:

- a) a reduction of hydraulic risks by developing rice cultivation perimeters including an insubmersible dam with regulators for water inlet and outlet.

50.000 ha have been treated in this way and have already given good results at Mopti.

- b) Improvement of floating rice varieties in order to obtain rices with white caryopses, resistant to husking, productive and with a diversity of cultural cycles. Since 1963, work has been done on the comparison between floating and erect varieties, on resistance to drought at the beginning of the growing season and on possibilities of transplanting.

Tests on the different varieties had to be carried out on a large collection of floating *O. glaberrima* and *O. sativa* of different origin. These tests are being continued in very diverse conditions with varying levels of deep flooding and different sowing dates. The results already obtained are sometimes contradictory and must be confirmed by trials now in progress; however, it can already be said with some certainty that all the floating rices are photo-susceptible and that as regards drought resistance, the capacity for survival at emergence is not the same as that shown after two months' growth.

RESUMEN. — En primer lugar, los Autores sitúan la producción de arroz en la economía agrícola del Mali. Se producen más de 200.000 t en una superficie de 220.000 ha aproximadamente : 54.726 ha explotadas de modo racional, 29.000 de los cuales dependen del Office du Niger, y 164.774 ha dedicadas al cultivo tradicional. El arroz paddy se elabora en siete molinos.

Luego describen brevemente las perspectivas de desarrollo para el futuro :
 creación de nuevas zonas de explotación racional que no dependan del Office du Niger
 (40.000 ha) ;
 aumento de las superficies cultivadas en las zonas de cultivo mejorado que ya existen
 (15.000 ha) ;
 intensificación de la explotación.

Se indican los resultados de las investigaciones sobre el arroz conducidas hasta la fecha en el Mali.

EL SUELO. ESTUDIOS PEDOLÓGICOS Y FERTILIZACIÓN

1) OFFICE DU NIGER

A) ESTUDIOS PEDOLÓGICOS. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LOS SUELOS.

El Autor recuerda la clasificación pedológica (nombres vulgares) de los suelos indicada por el Office du Niger : suelos pardos, suelos pardos rojos subáridos, suelos ferruginosos tropicales, suelos hidromorfos ; en la última categoría, los suelos Boi fing, Boi, Danga y Danga blé son los que convienen mejor para el cultivo del arroz.

Desde el punto de vista físico, se observan variaciones muy marcadas de textura, así como diferencias de estructura cuyas incidencias agronómicas son importantes.

Se reseñan después las características químicas de los suelos : bajo contenido de materia orgánica, neutral o más ácido en el Boi fing, bajo contenido de elementos minerales, especialmente de nitrógeno, lo cual es un factor limitante.

La interpretación de los distintos análisis permite hacer hincapié en los siguientes puntos :

necesidad de una buena nivelación ;

necesidad de labores o tratos eficaces :

vuelta del subsuelo profundo,

labranza cuando la humedad es adecuada ;

suministro de materias orgánicas y minerales para mejorar la estructura, disminuir la relación Na/Ca y corregir el pH que es a veces demasiado ácido.

Son imprecisas las relaciones entre las propiedades químicas y la fertilidad.

El Autor indica los resultados de los ensayos realizados en distintos tipos de suelos y relativos a la intensidad de la vida microbiana, la fijación de nitrógeno atmosférico, la degradación de la celulosa, la nitrificación que puede tener como resultado la formación de nitritos.

B) CONSERVACIÓN DEL SUELO. FERTILIZACIÓN.

En lo que se refiere a la experimentación sobre la fertilización, cabe distinguir tres períodos :

1945-1949 : experimentación precisa, Kayo ;

1949-1959 : aprovechamiento de los resultados obtenidos ;

desde 1962 : nuevos estudios sobre el uso de una fertilización NPK equilibrada.

El Autor hace la síntesis de los ensayos realizados desde hace veinte años :

1) Pocas diferencias entre los tipos de rotaciones comparados.

2) Abonado orgánico.

Los ensayos tuvieron por objeto el empleo de abonos verdes, con o sin fosfato, estiércol artificial, y el enterramiento de la paja de arroz. La paja enterrada (con o sin NPK) aumenta los rendimientos e influye de modo favorable en la estructura ; mejor estabilidad de los agregados, mejor permeabilidad.

3) Abonado mineral.

Se indican los ensayos realizados en los tres períodos ya mencionados :

1945-1949. Ensayos realizados en Kayo.

Ensayos de dosis crecientes de nitrógeno, con o sin complemento fosfo-potásico.

Ensayos de varias formas de P_2O_5 con o sin complemento de abono verde o cal.

Ensayos de NPK.

Ensayos de distintas formas de nitrógeno.

1949-1960. Los ensayos se referían sobre todo a los equilibrios NPK, las formas, dosis, modalidades y épocas de aplicación del nitrógeno.

A partir de 1962. Ensayos llevados a cabo en la estación de Kogoni sobre los distintos elementos de N, especialmente con dosis crecientes, mientras que uno de los otros dos elementos, o los otros dos se aplicaban con dosis constantes.

La eficacia de la aplicación de nitrógeno se confirma, excepto en el caso de las elevadas dosis, por lo menos en lo que se refiere a la variedad usada para la experiencia : D 52/37.

II) ZONA NO DEPENDIENTE DEL OFFICE DU NIGER

El cultivo de dicha zona es semi-racionalizado, dominándose parcialmente la utilización del agua de lluvia, las crecidas de los ríos, o ambas.

A) ESTUDIOS PEDOLÓGICOS. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS.

En el Alto Valle del Niger, los suelos se clasifican en dos categorías :

Suelos con manchas y concreciones en la superficie, sobre aluviones complejas de recubrimiento arcilloso ; forman la mayor parte de los suelos dedicados del arroz.

Suelos con manchas sin concreciones de superficie, que convienen para el arroz ; pero están muchas veces agotados.

En el Valle Medio del Niger, en la depresión de Segala Niamine, existen suelos que presentan un hidromorfismo parcial superficial y profundo, mientras que, en la depresión de Sourbasso, se trata de suelos de hidromorfismo total y temporario, de pseudo-gley.

El Autor indica las características de los suelos de ambas depresiones.

Finalmente, en Ibetemi Mopti, los suelos permanecen inundados mucho tiempo y son hidromorfos minerales.

B) CONSERVACIÓN DEL SUELO. FERTILIZACIÓN.

La experimentación está en su fase inicial.

El Autor examina los siguientes puntos :

abonado orgánico (enterramiento de la paja) ;
abonado nitrogenado eficaz, pero que es rentable sólo en los arrozales en que se practica el cultivo racional ;

abonado fosfatado, eficaz en ciertos casos ;

abonado potásico de escasa eficacia.

MEJORA DE VARIEDADES Y DE TÉCNICAS DE CULTIVO

Cuando se tienen en cuenta las condiciones hidráulicas y pedológicas, así como los modos de cultivo, se puede clasificar el cultivo del arroz en la República del Malí en varios tipos :

Cultivo pluvial :

de charco ;

de chorreo.

Cultivo fluvial :

sudanense ;

saheliano.

Cultivo lacustre.

Cultivo con riego.

Los más importantes son el cultivo con riego y el cultivo fluvial.

CULTIVO CON RIEGO.

a) Técnicas de cultivo.

Los ensayos llevados a cabo de 1952 a 1959 demuestran que, según las variedades, las densidades que se pueden recomendar para las siembras directas en líneas varían de 100 à 140 kg.

Por lo que respecta a la influencia de las fechas de siembra en el ciclo y el rendimiento de las distintas variedades, hemos podido determinar dos grupos de variedades : un grupo para las variedades sensibles a la duración del día y otra para las variedades no sensibles ; tres ensayos realizados desde el año 1954 han dado resultados contradictorios ; sin embargo, se observa una frecuente tendencia a la disminución de los rendimientos en las siembras tardías.

Por otra parte, hemos tratado de determinar la mejor fecha de cosecha : cuando se sitúa ésta a los 36 días después de la fase de la formación de la espiga, se obtienen mejores rendimientos en la elaboración, siendo equivalentes el secado en campo y el secado en almacén en el caso de la cosechadora-trilla.

Por lo que respecta a la preparación del suelo, los ensayos no han permitido evidenciar la superioridad de la labor profunda.

b) Mejora de variedades.

Esta mejora que se lleva a cabo en las estaciones de Kayo y Kogoni y está a cargo del Office du Niger tiene por objeto :

búsqueda de variedades de buena productividad (sin aplicación de abonos) ;

extensa gama de ciclos ;

resistencia al encamado o acame ;

arroz de grano largo, para ser exportado a otros países del África occidental cuando sea posible.

En los últimos años, el cuarto objetivo ha adquirido gran importancia, mientras la investigación sobre variedades que responden a la fertilización es cada día más urgente.

El Autor presenta un cuadro de las características de las variedades difundidas, en orden cronológico a partir de su creación, dando informaciones sobre las mejores variedades escogidas.

Hasta la fecha, es la selección de variedades locales la que ha dado los mejores resultados : la hibridación no ha producido más que una línea muy productiva.

Además, la irrigación permite cultivar de modo excelente las variedades de tipo japonesa.

CULTIVO FLUVIAL.

Después de describir detalladamente las características de este tipo de cultivo, el Autor indica el estado de las investigaciones y obras realizadas para mejorarlo.

Se pueden distinguir dos fases :

Primera fase : 1920-1950.

Se caracterizó esta fase por :

a) la introducción de la variedad flotante de Indochina, que tuvo un verdadero éxito, y cuya segregación geográfica en varias variedades se realizó sobre todo en relación con el porcentaje de cariósides con pericarpios rojos ;

b) la introducción y extensión del arado con tracción animal ;

c) el ensayo de trasplante del arroz flotante indochino.

Segunda fase : 1950-1960.

Se caracterizó la segunda fase por dos tipos de acciones :

a) reducción de los contratiempos del régimen hidráulico dotando los perímetros de cultivo de diques insumergibles con una regulación de la admisión y salida del agua.

Las obras cubrieron 50.000 há siendo interesantes los resultados obtenidos en Mopti.

b) mejora de variedades de arroz flotante para obtener las siguientes características : cariósido blanco, resistencia al desgranado, productividad, diversidad de ciclos de cultivo, y desde el año 1963 comparación de variedades flotantes y erectas, resistencia a la sequía en la primera fase de vegetación, y posibilidad de trasplante.

Fue preciso llevar a cabo ensayos varietales en una amplia colección de *Oryza glaberrima* y *O. sativa* flotantes de diferentes procedencias ; se prosiguen dichos ensayos en varias condiciones de crecida de los ríos y fecha de siembra. Los resultados que se han obtenido son a veces contradictorios, y será preciso confirmarlos con los ensayos que se están realizando. Sin embargo, todas las variedades de arroz flotante parecen ser fotosensibles ; además parece que, en lo relativo a la resistencia a la sequía, la capacidad de supervivencia en el momento de la emergencia sea independiente de la que se observa a los dos meses de vegetación.