

COLLOQUE SUR LA FERTILITÉ  
DES SOLS TROPICAUX

(Tananarive — 19-25 Novembre 1967)

01911

CFS/TAN/II-21

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'AMELIORATION DES RENDEMENTS DU  
MIL ET DU SORGHO PAR LA FUMURE MINERALE DANS LA VALLEE  
DU FLEUVE SENEGAL

par

J.F. POULAIN  
Ingénieur Agronome  
Etude et Amélioration du milieu  
C R A BAMBEY Sénégal

P. SAPIN  
Ingénieur Agronome  
Cultures vivrières  
Secteur IRAT Fleuve Sénégal

A. REYNARD  
Ingénieur Technicien  
Station Kaédi  
République Isl. de Mauritanie

INTRODUCTION GENERALE

LE CONTEXTE GEOGRAPHIQUE ET AGRAIRE

Le présent travail n'intéresse que la partie de la vallée située entre les territoires de la Mauritanie et du Sénégal.

Situation climatique de la vallée

Le bassin versant du Sénégal peut être divisé en trois zones : le haut bassin en amont de Bakel, la vallée, le delta en aval de Richard Toll.

Les études entreprises dans la vallée, par l'IRAT, concernent aussi bien le Sénégal que la Mauritanie. Il n'y a pas de frontière agricole entre les deux pays. Tout résultat technique obtenu sur une rive de fleuve est extrapolable sur l'autre.

La vallée, proprement dite, forme de Bakel à Richard Toll un arc de cercle de 400 km, large de 15 km. On peut diviser la vallée en deux zones en fonction de considérations climatiques : la zone amont (M Bagne à Bakel) la zone aval (Richard Toll à M Bagne), ces deux zones reçoivent des précipitations assez différentes : 400 à 600 mm pour la zone Est, 300 à 400 pour la zone Ouest. Cette pluviométrie est déterminante pour les cultures d'hivernage. L'intensité de la crue dans la vallée dépend seulement des précipitations dans la haute vallée. Toutefois dans les deux zones précédemment définies les cultures de décrue en saison sèche sont réalisées dans des conditions différentes : la zone aval subit une légère influence maritime (température, alizée en début de saison sèche, salure à la limite Ouest), mais la décrue est tardive ; dans la zone Est, la décrue a lieu plus tôt, mais les cultures sont rapidement exposées aux vents secs et chauds dont les effets sont souvent désastreux.

Le système de culture

Le système de culture est caractérisé par la combinaison des cultures sous pluies en hivernage, et de décrue pendant la saison sèche. Les cultures d'hivernage sont pratiquées sur le « diéri », formation nettement exondée qui encadre la vallée.

Les cultures de décrue sont installées dans le « oualo » qui représente au sens large toute la vallée inondable et au sens restreint la partie basse à très forte probabilité de submersion. Les deux récoltes successives sont indépendantes l'une de l'autre.



L'exploitation familiale est morcelée entre le diéri et le oualo et on observe un équilibre compensateur entre les productions de l'un et de l'autre (80 % des cultivateurs ont à la fois des terrains en oualo et en diéri). En bonne année de diéri (pluie d'hivernage satisfaisante) les agriculteurs s'intéressent moins au oualo. L'inondation du lit majeur est sous la dépendance de l'intensité de la crue. Aussi, selon les caractéristiques de la crue et de la décrue, les surfaces cultivées en oualo varient dans des limites importantes. Nous résumons dans les lignes suivantes les renseignements sur la structure agraire de la vallée, extraits de l'important rapport de mission de l'Inspecteur GUILLAUME sur l'aménagement du fleuve Sénégal (1956-57) ainsi que de l'étude socio-économique sur la moyenne vallée. La limite entre les zones amont et aval se situe au niveau de M Bagne pour les données statistiques qui suivent :

Populations sédentaires agricoles		
Rive sénégalaise	200 000 habitants	
Rive Mauritanienne	110 000	
Densité moyenne	20 habitants au km <sup>2</sup> en aval	
	35	en amont
Superficie totale cultivée (moyenne)		
	Aval	Amont
Diéri	35 000 ha	45 000 ha
Oualo	60 000 ha	65 000 ha

la surface cultivée en diéri est peu variable d'une année à l'autre. Celle cultivée en oualo dépend des caractéristiques de la crue et de la décrue et peut varier de 60.000 à 180.000 ha. En fait, la superficie cultivée varie dans de beaucoup plus faibles limites.

Superficie cultivée par habitant		
	Aval	Amont
Diéri	0,32 ha	0,23 ha
Oualo	0,51 ha	0,35 ha

Pour avoir la surface moyenne par exploitant il suffit de multiplier les chiffres par 5,7 (en moyenne 5,7 personnes par exploitation).

#### Les objectifs de l'IRAT dans la vallée

Le rapport de Juin 1955 «Nouvelles propositions pour l'aménagement du Fleuve Sénégal» des Services de l'Agriculture, présente une conception générale du développement de la vallée en trois phases.

- Couvrir les besoins alimentaires de la population du fleuve en relevant les rendements moyens des cultures traditionnelles et en atténuant si possible l'irrégularité des récoltes.
- Introduire de nouvelles productions commercialisables (riz, canne à sucre, cotonnier) pour augmenter le revenu moyen.
- Préparer l'évolution de l'agriculture actuelle vers un système agricole nettement plus productif et moins aléatoire, par l'introduction de cultures irriguées d'hivernage, ce dernier stade impliquant des aménagements hydro-agricoles locaux ou d'ensemble.

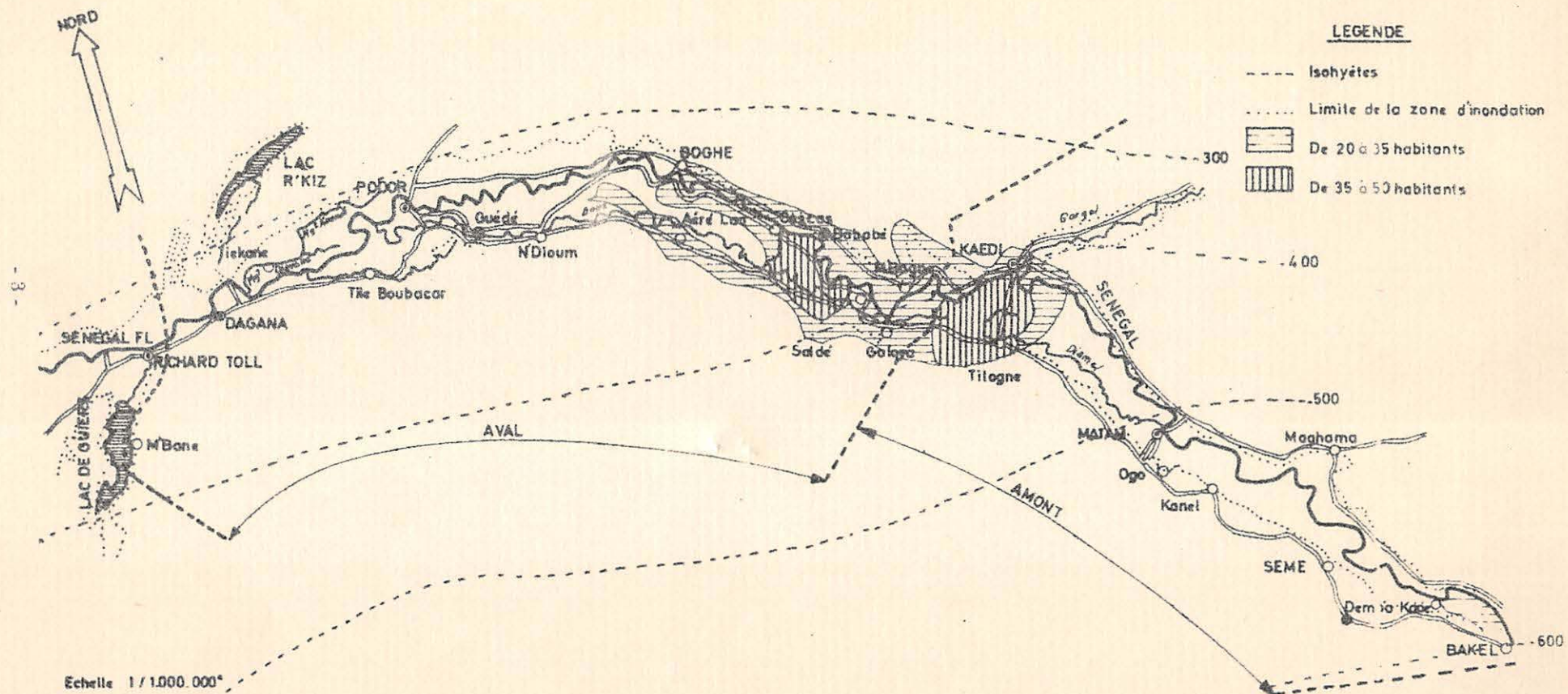
Les recherches agronomiques sont longues et il est nécessaire de prendre une forte avance sur la vulgarisation. C'est pourquoi l'IRAT a abordé simultanément l'étude des trois stades.

Nous nous proposons de faire ici le point sur les recherches envisagées dans le cadre de la première phase. Nous ferons, seulement état des effets de la fumure minérale en tant que facteur essentiel de l'amélioration des rendements du système traditionnel.

Nous traiterons séparément, dans deux communications distinctes, les deux systèmes de culture très différents de la vallée du Fleuve Sénégal évoqués plus haut : - culture de «saison» sous pluie de plateau (diéri), en première partie ; - culture «désaisonnée» en décrue de vallée (oualo), en deuxième partie.



# LA VALLEE DU SENEGAL





## LA FUMURE MINERALE SUR MIL EN DIERI

### IMPORTANCE ET ALEAS DES CULTURES DE DIERI

#### La méthode de culture traditionnelle

Les travaux commencent seulement après les premières pluies. Le défrichement n'est pas indispensable et la première opération est le semis. Très souvent un deuxième, voire un troisième semis sont nécessaires en raison de l'irrégularité des pluies. Sarclages et binages se placent en Août et Septembre. Le gardiennage est indispensable contre les oiseaux. La récolte se fait en Octobre. La culture est strictement manuelle. Les populations riveraines sont très attachées aux traditions agraires. Les cultures d'association à faible densité sont presque la règle : 85 % des champs en aval et 75 % en amont portent au moins une autre culture (niébé le plus souvent, béréf).

Nombre de journées de travail par hectare -  
(extrait de « la moyenne vallée du Sénégal »)

Semis	4,3 (Juillet 2,8 - Août 1,1)
Sarclo-binages	31,9 (Août 19,6 - Sept. 11,9)
Clôture	0,5
Récolte	7,7 (Octobre 7,6)
Gardiennage	20,7 (Octobre 16,2)

#### Production et rendement en culture traditionnelle

Les populations de Mil et Sorgho cultivées se répartissent ainsi :

	Aval	Amont
<u>Pennisetum</u> : Souna (précoce)	68 %	58 %
Sanio (tardif)	18,5 %	11,5 %
<u>Sorghum</u>	13,5 %	30,5 %
<u>Rendement moyen</u> 360 kg/ha	240 kg/ha	460 kg/ha

Ces chiffres sont des moyennes, car pour la même année d'une zone à l'autre, et pour un même champ d'une année à l'autre, les rendements peuvent varier de 1 à 10

Production totale moyenne : 30.000 t (sous la dépendance étroite de la pluviométrie).

#### Les aléas de la culture de Jieri

Trois causes sont à la base de la faiblesse des rendements :

##### La pluviométrie

Le système de pluie dans la vallée est très irrégulier. Les pluies sont souvent violentes, mais brèves et très localisées. Des études statistiques ont montré que la probabilité est très faible pour que sur chaque région une somme de pluie optimale tombe à la période désirée. Les périodes critiques pour le mil sont huit jours après le semis (sinon dessèchement et resemis tardif), à la montaison, à la floraison-épiaison.

Le régime des pluies est d'autant plus défavorable qu'on se déplace vers l'aval, en raison de l'allure des courbes isohyètes. La hauteur de pluie supérieure en amont, peut permettre en effet d'espérer une meilleure répartition (en réalité cela est loin d'être vérifié). De toutes façons, les réserves en eau du sol augmentent avec la pluviométrie.



### Les prédateurs

La plupart des champs sont clôturés par d'épaisses barrières d'épineux. Ces barrières protègent contre les singes, les phacochères et également contre les abondants bovins qui échappent souvent à la surveillance. Le gardiennage est très absorbant et est principalement dirigé contre les mange-mil et également, certaines années, contre les sauterelles. Ce sont évidemment au cours des meilleures années que se produisent les attaques les plus fortes des prédateurs.

### Le sol

Il est certain que le facteur principal des rendements est la hauteur et la répartition des pluies. Quand le facteur pluviométrie est favorable, la richesse du sol peut alors jouer.

Les sols de diéri appartiennent, dans la classification française, à la classe des sols isohumiques, des pseudo-steppes tropicales, sous-groupe des sols brun-rouge subarides. La teneur en matière organique est faible. L'individualisation des sesquioxydes est, par contre, importante. Nous donnerons en annexe la description et les analyses d'un profil effectué sur diéri à Kaédi.

Les sols de diéri se distinguent des sols ferrugineux tropicaux du type dior du Centre Sénégal par une texture moins grossière dans les horizons inférieurs, une proportion de sables grossiers plus importante en surface, et un pH moins acide, voire basique. Du point de vue agronomique, les caractéristiques essentielles sont les suivantes :

- Sols très sableux en surface conservant mal l'humidité. A pF 3, elle atteint tout juste 2 pour l'horizon 0-20. L'eau utile pour l'horizon 0-20 est de 1%.
- Perméabilité du sol élevée, de l'ordre de 10-3 cm/sec.
- Teneur en matière organique très faible. De 3% de C environ dans l'horizon 0-20, elle diminue très lentement et on trouve encore 2 % à 60 cm. La teneur en azote total est également très faible.
- Réserves minérales faibles. On trouve, toutefois, des teneurs en phosphore et en bases échangeables souvent plus élevées que dans les sols dior. Les sols de diéri de Kaédi sont particulièrement riches en phosphore. On observe plus fréquemment des teneurs de 0,1 % en  $P_2O_5$ , dont très peu d'assimilable. Il apparaît que les réserves minérales des sols sont plus faibles dans le diéri aval que dans le diéri amont.

### FERTILISATION ET REGENERATION ACTUELLE DES SOLS DE DIERI

Peu de sols de diéri sont cultivés d'une façon continue. On admet que 60% des cultivateurs abandonnent leur terre dans un délai de trois ans. Aucune fumure minérale n'est prodiguée au sol. Par contre, on observe fréquemment des pacages clôturés sur les champs de diéri. Les déchets organiques, souvent à forte densité, ne sont ni mélangés à la paille, ni enfouis.

Les zones de pacages sont évidemment plus productives. Après un bon démarrage de la végétation, elles sont par contre, les premières à souffrir pendant les périodes de sécheresse.

On trouve fréquemment en diéri des traces d'établissements humains anciens (charbon de bois, poterie). Ces emplacements sont, dans la plupart des cas, plus fertiles. Cependant on observe quelquefois des taches de stérilité plus ou moins totale. Ajoutons que les sols de diéri servent pendant la saison sèche de terrain de parcours pour les troupeaux. L'effet sur le sol de ces passages répétés est très mauvais pour la structure et le maintien d'une couverture du sol minimum en saison sèche.

### LES ETUDES REALISEES PAR L'I.R.A.T.

En dehors des améliorations classiques de la technique de culture du mil (densité, semis, démariage, binages etc...) deux directions de travail sont offertes : le travail du sol, - la fertilisation.

Etant donné les conditions pédoclimatiques, R NICOU conseille seulement un travail de préparation en sec, aux bœufs avec des dents Gouvy qui éclatent le sol en V sur 10 ou 12 cm de profondeur. Ce travail est profitable pour la conservation de l'humidité d'une pluie de semis de l'ordre de 20 mm et améliore la porosité.



Cependant la permanence des troupeaux divaguant interdit actuellement tout progrès dans cette direction. Cela justifie les études de fertilisation dont les résultats sont plus immédiats. Les expérimentations multilocalisées sont conduites dans toutes la vallée, les recherches les plus importantes sont menées à Richard Toll, Guédi (Sénégal) et à Kaédi (République Islamique de Mauritanie). Cette dernière station est située dans la zone à plus forte densité de population.

#### Méthode de travail

Deux objectifs principaux ont présidé à l'élaboration du programme de travail :

- Obtention d'une plus value immédiate avec un minimum d'investissement

Application de la fumure minérale vulgarisée au Centre Sénégal sur mil (150 kg 14-7-7).

Apport de fumier à faible dose

Préparation en sec des sols avec traction animale et étude de doses annuelles plus fortes.

- Relèvement du niveau de fertilité chimique jusqu'à atteindre le potentiel de production végétale d'un sol donné avec établissement pour chacun des éléments majeurs (NPK) d'une courbe de réponse en fonction d'apports croissants de l'élément étudié.

#### EXPERIMENTATION AYANT TRAIT AU PREMIER OBJECTIF : PLUS VALUE IMMEDIATE

En 1962

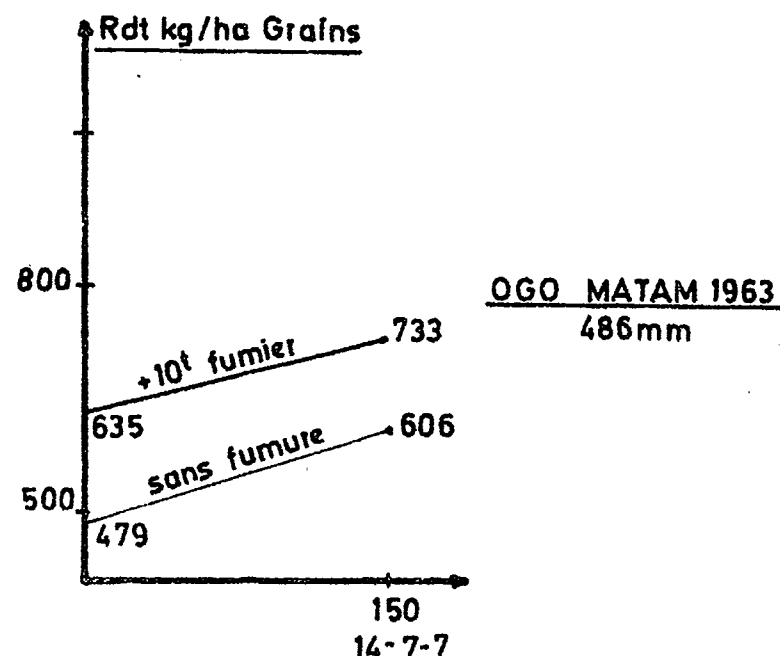
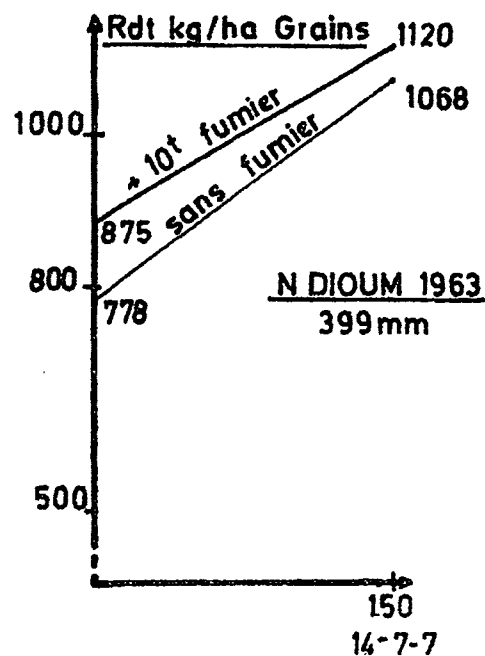
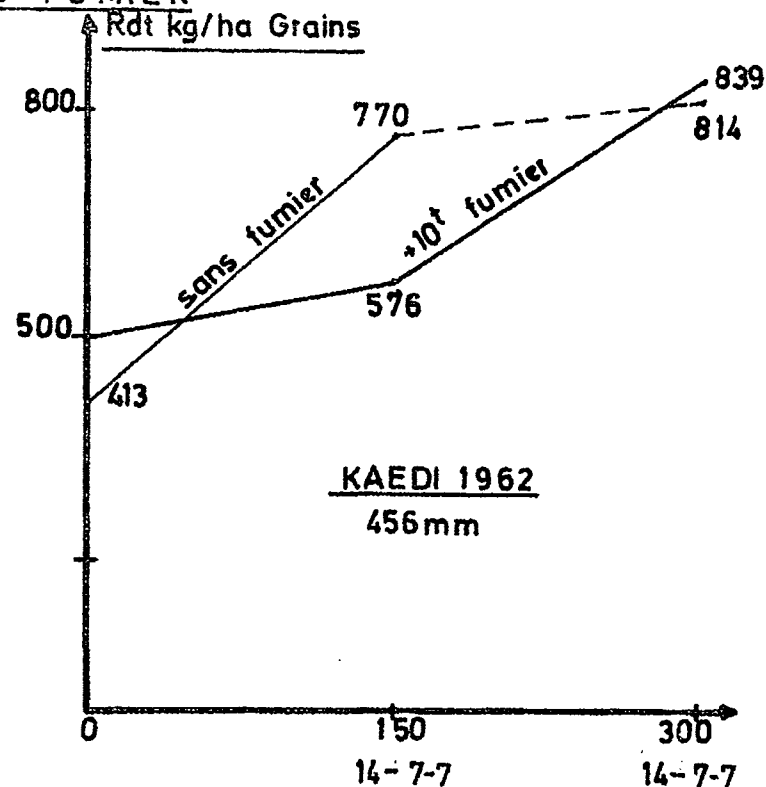
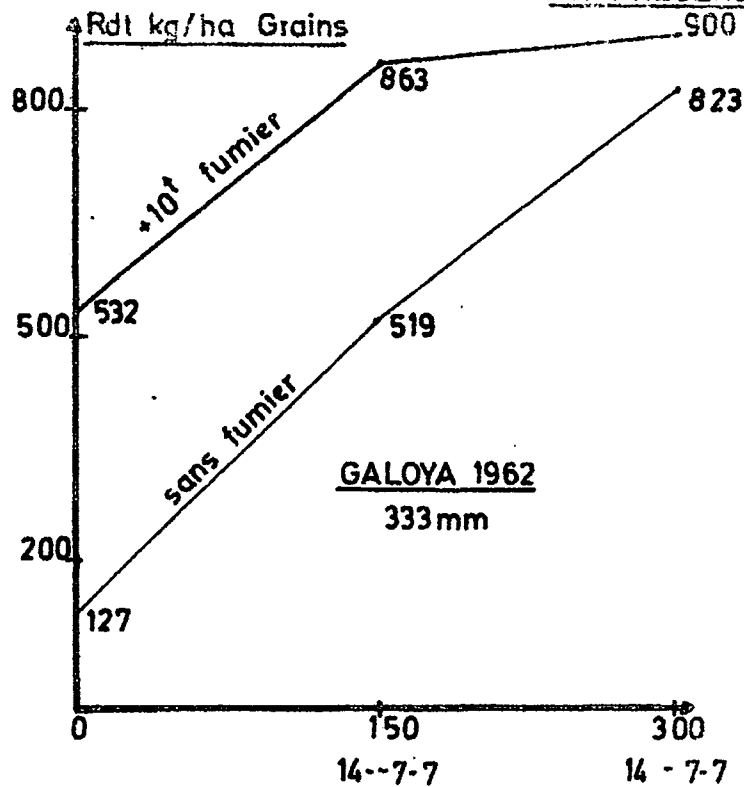
Un essai bloc factoriel  $2 \times 3$ , à 8 répétitions a été implanté en différents points de la vallée. Son but était l'effet de l'équilibre de fumure minérale vulgarisée sur mil, à deux doses, en présence ou non de fumier. Le dispositif permettait également d'obtenir l'interaction entre fumure organique et minérale.

Nous donnons ici les résultats enregistrés, sans omettre les nombreux échecs, d'aval en amont.

	Lieu	Culture	Pluvio métric	Rendements en kg/ha en fonction des traitements						Coefficient de varia- tion-Résult
				0	150 14-7-7	300 14-7-7	10t fu mier parc	10t fumier parc+150 kg 14-7-8	10t fum. parc+300 kg 14-7-7	
Zone aval	R. Tell	Mil Souma local	181,6	Rendement nul						-
	Guédi	Sorgho local	221,5	Rendement nul - Sorgho inadapté au diéri						-
	Galoya	Mil Souma local	333mm	127	519	823	532	863	900	57,8% PPDS 259 Eff. fumure et eng. TBS
Zone amont	Kaédi	Mil Souma local Semis 17/7	456mm	413	770	814	500	576	839	40,1% PPDS 266 Effet TBS engrais
	Kaédi	Sorgho local	456mm	Rendt nul - Termites - Sorgho inadapté au diéri						-
	Maghama	Sorgho local	?	Ininterprétable. Sécheresse (40mm en Sept.) a dé favorisé les traitements par rapport au témoin Témoin: 961 kg/ha, Fumier: 768 kg/ha						-
	Maghama	Mil local Sem. 18/7	?	Ininter. densité très hétérogène à la récolte Témoin: 1353 kg/ha - 300kg 14-7-7: 1530 kg/ha						-

# EFFET DE L'ENGRAIS

EN PRESENCE OU NON DU FUMIER



1963



En 1963

Un essai bloc-factoriel 2<sup>3</sup> à 8 répétitions se proposait de déterminer l'effet séparé et simultané du fumier et de la fumure minérale à faible dose.

Comme en 1962, de nombreux échecs ont été enregistrés.

A Kaédi, l'essai était en split-plot et un troisième facteur était mis à l'étude, travail de préparation en sec, à la houe Fabre.

Les résultats sont les suivants d'aval en amont

Zone	Lieu	Culture	Pluvio- métrie mm	Rendements en fonction des trait.				C v. Résultats
				0	Fumier 10 t.	150 kg 14-7-7	150 kg 14-7-7+ fumier	
Zone aval	N°Dioum	Mil Souma	399mm	778	875	1068	1120	29,1% PPDS: 290 Effet en- grais HS
	Galoya	Mil Souma	444mm	Ininterprétable Témoin 614 - Eng.+fumier : 791 kg/ha				
	Kaédi	Mil Sou- ma local	390mm Semis 1/	Ininterprétable, densité très hétérogène Moyenne : 190 kg/ha				
Zone amont	Kaédi	Sorgho local	390mm Sem. 30/7	Ininterprétable, densité très hétérogène Moyenne : 502 kg/ha - Engrais: 570kg/ha				27,5% PPDS: 175 Effet fu- mier S
	Ogo Matam	Sorgho local	486mm	479	635	606	733	

En 1964

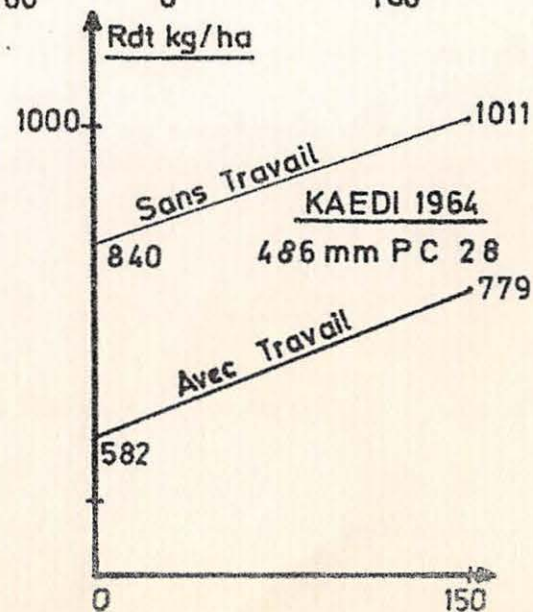
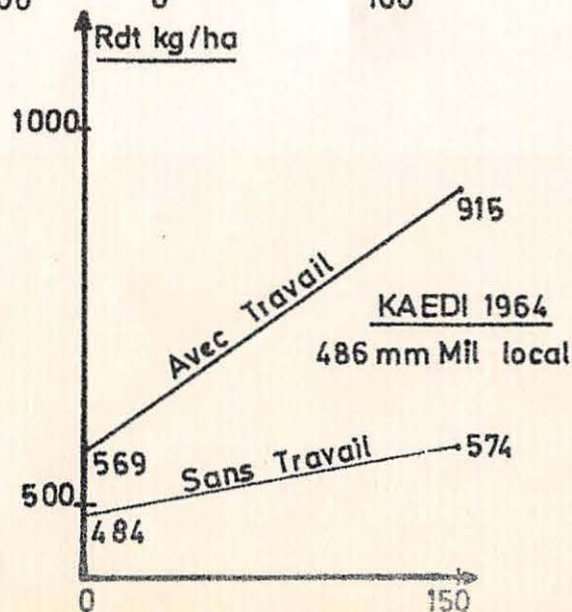
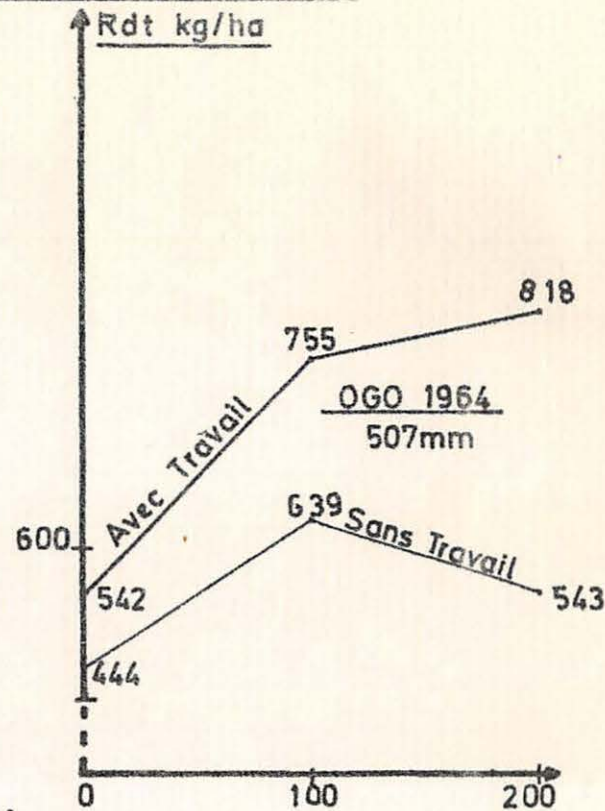
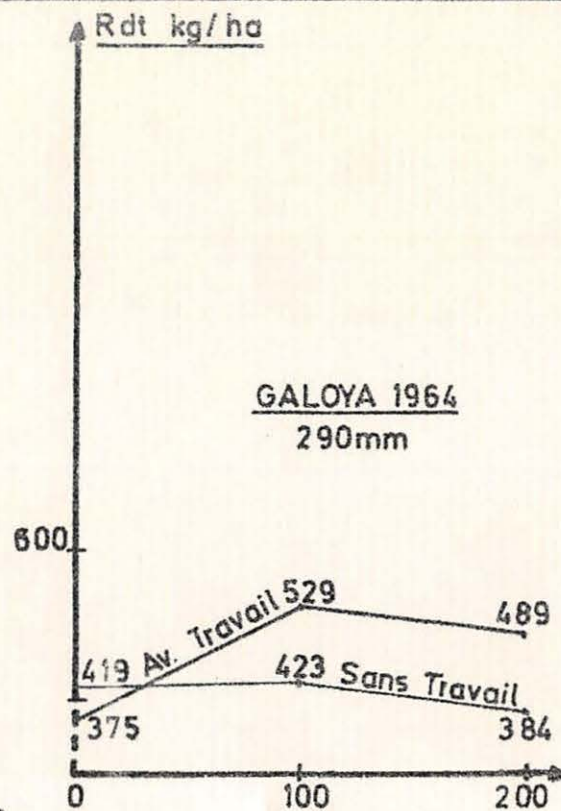
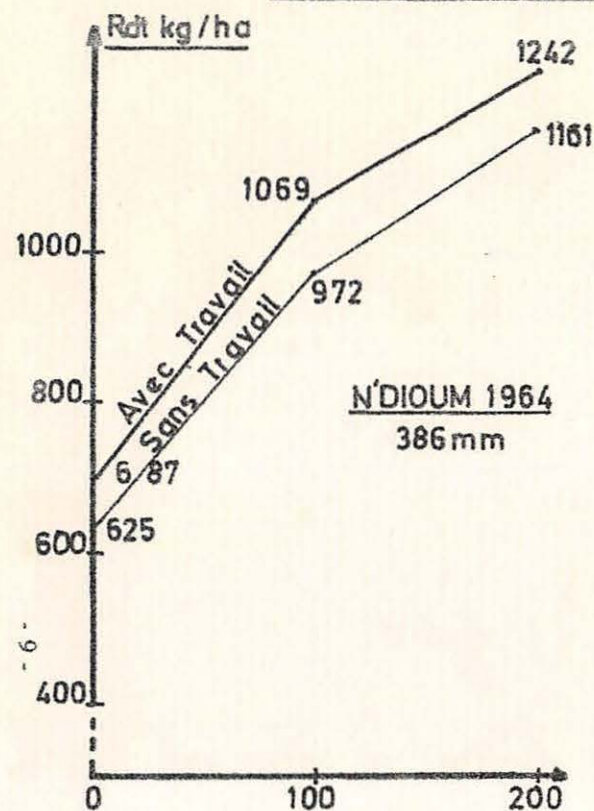
Un essai split-plot à 8 répétitions faisant intervenir un travail de préparation et deux niveaux de l'équilibre 14-7-7 a été mis en place en différents points de la vallée. A Kaédi figurait seulement le 14-7-7 à 150 kg/ha.

	Lieu	Cul- ture	Pluvio métrie	Rendements en kg/ha de grains en fonc- tion des traitements. Equilibre 14-7-7						Coefficient de varia- tion Résultats
				Sans travail			Avec travail			
				0	100	200	0	100	200	
aval	N°Dioum	Mil Souma local	386mm Semis 14/8	625	972	1161	687	1069	1242	Cv= 12,86 PPDS= 144 Travail et fumure S Dose 200 HS sur dose 100
Zone Basse	Galoya	Mil Souma local	290	419	423	384	375	529	489	Cv = 25% Non S
Zone Haut	Ogo Matam	Sorgho	507mm Sem: 14/7	444	639	543	542	755	818	Cv = 50% Non S



# EFFET DE L'ENGRAIS

EN PRESENCE OU NON D'UN TRAVAIL DE PREPARATION LEGER A LA HOUE





Le même type d'essai a été mis en place à Kaédi sur deux variétés différentes (mil local, mil PC 28 Souna). Le travail de préparation a été effectué dans les deux essais à la houe à cheval en essayant d'atteindre une profondeur de 10 cm, en présence ou en absence de la dose 150 kg/ha de 14-7-7. On observe un effet significatif de l'engrais mais les résultats obtenus par le travail du sol sont contradictoires. Sur mil local, l'effet de la préparation est très hautement significatif; sur PC 28, il est assez nettement dépressif mais non significatif.

Nous avons rassemblé dans le tableau suivant les principales caractéristiques de ces deux essais.

Kaédi - 486 mm Semis : 14 Juillet Resemis : 23 " (après 180mm)	M i l L o c a l				P C 2 8			
	Sans travail		Avec travail		Sans travail		Avec travail	
	0	150kg 14-7-7	0	150kg 14-7-7	0	150kg 14-7-7	0	150kg 14-7-7
Nb pieds/ha à la récolte	7.800	8.305	8.250	9.875	8.055	8.755	8.530	9.600
Nb d'épis/ha à la récolte	15.210	16.160	20.314	27.160	25.760	30.080	24.240	27.780
Poids grains/épi en g.	31,8	35,5	28,0	33,7	32,6	33,6	24,0	28,0
Rendement en kg/ha	484	574	569	915	840	1011	582	779
Cv	18,8% 1				21,0%			
PPDS	155				182			
Résultats	Interaction Trav.xFum. HS				Effet travail et Fum. HS			

En 1965

Un essai factoriel 2<sup>3</sup> faisant intervenir un travail de préparation à la houe en sec et deux fumures d'équilibre différentes, 14-7-7 à 150 kg/ha et 11-4-11, 4-8-6 à 350 kg/ha a été implanté en quatre points de la vallée. Malheureusement le travail du sol n'a jamais été correctement réalisé et il s'agit en fait d'un grattage superficiel à la houe qui ne se différencie guère du travail traditionnel à l'iler.

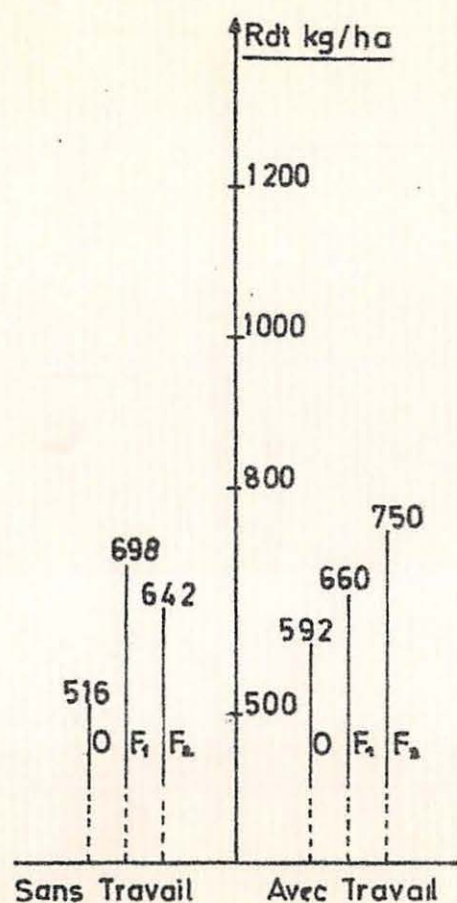
Les résultats sont les suivants d'aval en amont :

Zone	Lieu	Cul- ture	Pluvio- métrie mm	Sans travail			Avec travail			Cv % Résultats
				0	150kg	350 kg	0	150 kg	350 kg	
Zone aval	M'Bane	Mil S Souna local	280 Sem.10 Juillet	516	642	698	592	660	750	18,0% Effet THS fumure
	N'Dioum	Mil S. local	188mm	Rendement nul Sécheresse Juillet presque totale						
Zone amont	Thilogne	Mil PC 28	350mm	883	1030	1291	859	969	1235	22,5% Effet S.fum. Effet HS dose double
	Sémé	Sorgho	619mm	697	812	719	768	769	788	24,3%



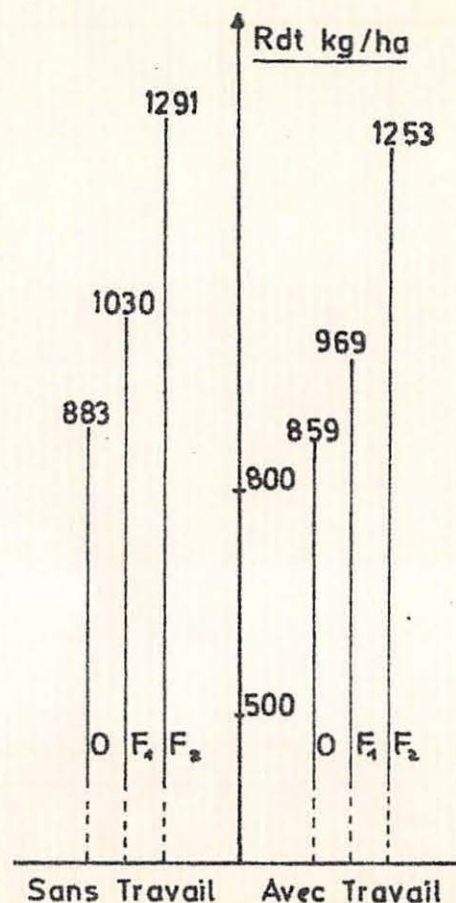
# EFFET DE DEUX DOSES D'ENGRAIS EQUILIBRES

EN PRESENCE OU NON D'UN TRAVAIL DE PREPARATION LEGER A LA HOUE



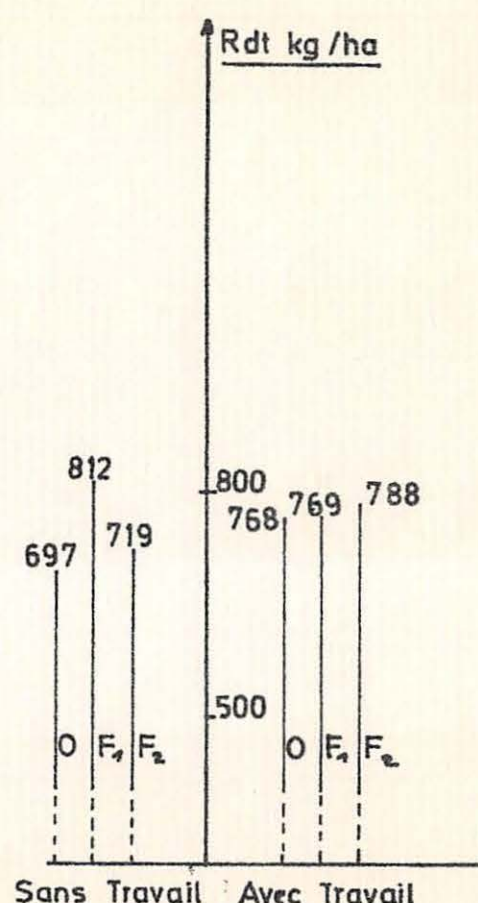
M'BANE 1965

280mm



THILOGNE 1965

3 50mm



SEME 1965

619mm

F<sub>1</sub> 150 kg 14-7-7

F<sub>2</sub> 350 kg 11,4-11,4-8,6



Quatre années d'essais multilocaux ont montré la dépendance étroite entre la réussite des cultures et la pluviométrie. Cette liaison est plus étroite dans la zone aval qui reçoit une moyenne de 300 à 400 mm, avec des minima de 100 mm.

Dans la zone amont, la probabilité des mauvaises années est fortement diminuée, car une quantité supérieure de pluie garantit (dans une certaine mesure) une meilleure répartition. Le minima absolu observé pour Matam pendant trente-cinq ans est de 255 mm. Cette pluviométrie est, par contre fréquemment observée dans la zone aval.

Les principales causes d'échecs, dus essentiellement à la pluviométrie, sont les suivantes :

- quantité globale de pluie insuffisante pour satisfaire les exigences du mil
- semis précoce, suivi immédiatement d'une période de sécheresse. Dans ce cas on observe un démarrage beaucoup plus pénible du ressemis à cause de la disparition totale de l'azote des couches supérieures.
- semis précoce, bon démarrage, puis insuffisance d'eau à la floraison et à l'épiaison. Dans ce cas, le mil reste vert, la grenaison ne se fait pas ou mal.
- période de sécheresse en cours de végétation, bloquant la plante à un stade végétatif sans aucun développement.

Ces causes sont fréquentes, et l'année « normale » : 40 mm avec bon démarrage et bonne répartition jusqu'à la récolte, constitue l'exception.

Ainsi à N DIOUM, GUEDE (au centre de la zone aval) nous avons enregistré les résultats suivants de 1962 à 1965 :

- 1962 : 221 mm Rendement nul
- 1963 : 399 mm Témoin 780 kg/ha. Avec 150 kg 14-7-7 : 1 068 kg/ha (37%)
- 1964 : 386 mm Témoin 625 kg/ha. Avec 100 kg 14-7-7 : 972 " (71%)  
200 kg 14-7-7 : 1 161 " (99%)
- 1965 : 188 mm Rendement nul

En année « normale », le mil répond parfaitement à la fumure, mais il est évident que la fumure ne peut suppléer le manque d'eau et qu'un apport d'engrais augmentera encore le déficit du cultivateur en année sèche.

Toutefois, les accroissements de rendement obtenus avec l'équilibre 14-7-7 à 150 kg/ha restent faibles, le gain est très supérieur au coût de la fumure (en considérant le prix non subventionné de 22,40 F).

Avec un équilibre différent, mais à plus forte dose, on obtient à THILOGNE (zone amont) en 1965, un accroissement de rendement de 46 %. Témoin : 883 kg/ha ; 350 kg 11,4 - 11,4-8,6 : 1 291 kg/ha. Le gain de production est de 410 kg/ha, mais la marge brute est très faible pour une fumure de 350 kg/ha.

Avec faible ou forte fumure, l'obtention d'une marge brute convenable en accord avec les critères de vulgarisation reste donc très problématique. Les résultats obtenus avec le fumier de parc sont peu encourageants. Il s'agit essentiellement de déchets organiques sans aucun support végétal. Ces déchets, seulement épandus à la surface, ne sont jamais enfouis. En année pluvieuse, les résultats sont souvent bons. En année sèche, le développement végétatif est plus rapide en début de cycle, mais les plants accusent beaucoup plus vite le moindre déficit hydrique. De toute façon, ces déchets organiques sont le reflet de la végétation et sont souvent pauvres en éléments minéraux. Le plein effet de ce fumier pourrait être obtenu avec un apport simultané d'engrais. Une dose de 150 kg d'engrais est souvent aussi efficace que 10 tonnes de fumier de parc seul.

Les résultats obtenus avec le travail du sol sont souvent contradictoires. Il est difficile de conclure, car aucune étude sérieuse n'a été réalisée jusqu'à ce jour dans ce domaine. Ce type d'expérimentation nécessite un grand nombre d'observations difficiles à réaliser en essais multilocaux. Dans les expérimentations où le travail de préparation intervient, on connaît rarement la nature exacte du travail réalisé, ni son incidence sur les propriétés du sol.



Ces études doivent être reprises en station, avec un contrôle rigoureux de leur réalisation, suivi de nombreuses observations et mesures. En absence d'irrigation, dont la rentabilité est douteuse, le travail du sol constitue le seul moyen pour améliorer la porosité et l'ameublissement du sol et, par là même, accroître les réserves hydriques et le développement du système racinaire.

### Approche Minérale du Potentiel de Production Végétale

Cette expérimentation s'intègre dans l'ensemble du dispositif d'étude de la fertilisation sous différentes écologies au Sénégal. Il est apparu que les plantes autres que l'arachide et, en particulier, les céréales, étaient susceptibles de répondre à des apports d'engrais beaucoup plus importants que ceux habituellement pratiqués. Pour pouvoir, au niveau de chaque écologie, extrapoler les résultats obtenus, il est nécessaire d'avoir une bonne compréhension des mécanismes de la nutrition des plantes et de la dynamique des éléments du sol.

En 1962, un essai d'approche minérale a été implanté à Kaédi, sur sol de diéri (sol-rouge subaride).

Le but de l'essai est de définir, avec le maximum de précision, la fonction de production en faisant varier quantitativement un des éléments de la fumure minérale et en apportant, par ailleurs, les autres éléments en quantité suffisante pour qu'aucune d'eux ne joue le rôle de facteur limitant. Nous avons préféré, dans un premier stade, adopter un dispositif à une variable, pour simplifier l'interprétation agronomique et physico-chimique, sans perdre de vue la nécessité de combiner factoriellement les trois éléments principaux NPK pour définir, dans un deuxième stade, l'importance des interactions entre éléments.

Nous nous proposons d'étudier non seulement la fumure de «redressement» des carences du sol, mais aussi une fumure «d'entretien» nécessaire aux différentes plantes de la rotation dont les exigences minérales sont souvent très différentes. C'est pourquoi l'essai se déroule dans le cadre d'une succession culturale, avec des modalités d'apport d'engrais différentes au cours du temps : effet direct, résiduel et cumulatif pour chacun des éléments.

Eléments principaux	ESSAI N 0-25-50-75-100 (perlurée) *	ESSAI P 0-50-100-150-200 (bicalcique)	ESSAI K 0-50-100-150-200 (chlorure)
Complément minéral pour trois années		200 kg CaO 100 kg MgO 100 kg S 10 kg Nutramine	
Complément minéral chaque année	100 kg P205 100 kg K2O	75 kg N 100 kg K2O	75 kg N 100 kg P205

### Etudes annexes

L'essai proprement dit est complété par un ensemble d'analyses, de tests et d'observations. Ces études sont inégalement avancées à cette date et il nous est difficile de dresser un bilan complet. En particulier, nous ne disposons pas des dernières analyses de sols dont le but est d'établir un bilan approximatif des réserves minérales du sol dans les 20 cm supérieurs à la suite d'apports répétés d'engrais.

Nous ne ferons donc état, ici, que des résultats agronomiques et des différentes caractéristiques physico-chimiques des sols avant la mise en place de l'essai. Nous donnerons également les coefficients de variation de ces caractéristiques et des rendements en utilisant les soixante douze parcelles témoins absolus.

### Dispositif

Trois essais indépendants : Azote - phosphore - potasse.



Bloc à 4 répétitions

- 3 parcelles initiales : ABC, selon la modalité d'apport (cf tableau)
- 5 parcelles élémentaires : 5 niveaux de l'élément étudié avec fumure complémentaire (cf tableau)

24 parcelles témoins absolus en bordure de chaque bloc servant de références de rendement et pouvant être utilisées comme essai à blanc.

Modalités d'apport de l'engrais en suivant la rotation pour chacun des essais

Parcelle initiale	1ère année Niébé 57-58			2ème Année Mil PC 28			3ème Année Mil PC 28		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Elément principal	+	0	+	0	+	+	+	0	+
Complément minéral	+	+	+	+	+	+	+	+	+
0 absence	+ présence								

0 absence + présence

Ce dispositif permet d'obtenir :

- l'effet direct sur niébé (A.C) 1er année
- l'effet direct sur mil (B) 2è année
- l'effet résiduel sur mil (A) 2è année
- l'effet cumulatif sur mil (C) 2è et 3è années.

Caractéristiques physico-chimiques des sols de Kaédi  
(moyenne de 24 échantillons de surface -)

		Cv %
Extrait 1/5 CE Mhos 10-6/ cm	19	21,6 %
pH pâte	7,0	2,9 %
pH eau susp. 1/2,5	7,3	1,8 %
pH KCl susp. 1/2,5	6,4	3,7 %
A + L %	4,6	12,2 %
C %	1,8	16,7 %
N %	0,2	45,5 %
C/N	13,6	62,2 %
Humus total %	0,21	10,6 %
Humus précipitable %	0,09	27,9 %
Humus soluble %	0,12	51,2 %
K échangeable meq/ 100 g	0,09	22,0 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> total %	0,24	29,6 %
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> assimilable ppm	86	29,4 %
<u>Granulométrie de sables :</u>		
2 000 à 800 $\mu$	1,7	23,5 %
(cf courbes cumulatives		
800 à 315 $\mu$	25,8	10,9 %
comparées à celle des diers)		
315 à 125 $\mu$	45,6	2,5 %
125 à 50 $\mu$	23,7	10,3 %
< 50 $\mu$	3,3	14,9 %



En 1965 et 1966, les coefficients des variation, des rendements ont été les suivants . (calcul à partir des F2 témoins absolus).

	Rendit kg/ha	Cv %
Mil Souna 1965	1.689	7,0
Mil Souna 1966	917	23.5

Résultats agronomiques (rendements en grains)

- 1964 : Niébé tardif - 486 mm. Témoin absolu : 854 kg/ha ; aucun effet des trois éléments de la fumure NPK.

- 1965 : Mil Souna PC 28 - 577 mm.

1 9 6 5	ESSAI N	ESSAI P	ESSAI K
Témoin absolu	1702	1725	1638
Effet résiduel 1ère année	N2 1273	P2 1769	K3 1521
	N4 1274	P4 1828	K1 1645
	N0 1356	P1 1847	K0 1809
	N3 1576	P0 1858	K4 1832
	N1 1659	P3 1952	K2 1968
	Cv % = 15,9	Cv % = 12,9	Cv % = 23,1
Effet direct	N0 1308	P4 2006	K4 1678
	N1 1745	P1 2012	K1 1829
	N3 1881	P0 2040	K2 1875
	N2 1886	P3 2029	K3 1896
	N4 1995	P2 2094	K0 2039
	Cv % = 13,2 PPDS = 358 kg/ha	Cv % = 10,6	Cv % = 12,8
Effet cumulatif	N0 1317	P3 1906	K1 1888
	N1 1672	P4 1936	K4 1904
	N4 2077	P0 1984	K0 1907
	N2 2081	P2 2084	K2 2085
	N3 2199	P1 2193	K3 2102
	Cv % = 19,6 PPDS = 205 kg/ha	Cv % = 10,6	Cv % = 15,2

Les traitements non liés par une accolade verticale sont différents significativement au seuil 0.05 (critère de KEULS).

#### Interprétation

Les rendements obtenus sont bons et sont dus en premier lieu à la pluviométrie de l'année : 577 mm bien répartie (moyenne à Kaédi 405), à un semis précoce (29 Juin après une pluie de 30 mm) sur une préparation au cover-crop à 18 cm de profondeur. Dans ces conditions le témoin absolu donne un rendement de 1 700 kg/ha. Le phosphore et la potasse ne marquent pas et ce résultat est à mettre en rapport avec la teneur relativement élevée du sol en P2O5 en particulier. Aucun effet de ces deux éléments n'avait été enregistré sur le niébé en 1964 également. L'azote est le seul élément dont l'effet est net :

- L'effet résiduel de l'azote est nul et l'apport de la fumure phospho-potassique pendant deux ans a accusé nettement la déficience azotée.

- L'effet direct de l'azote est important et les effets généraux et linéaires sont hautement significatifs. Toutefois on ne peut mettre en évidence des différences significatives entre les doses d'azote.



### Essai Azote - Mil Souna (Grains kg / ha)

Points expérimentaux    × Effet direct  
                                      ○ Effet cumulatif

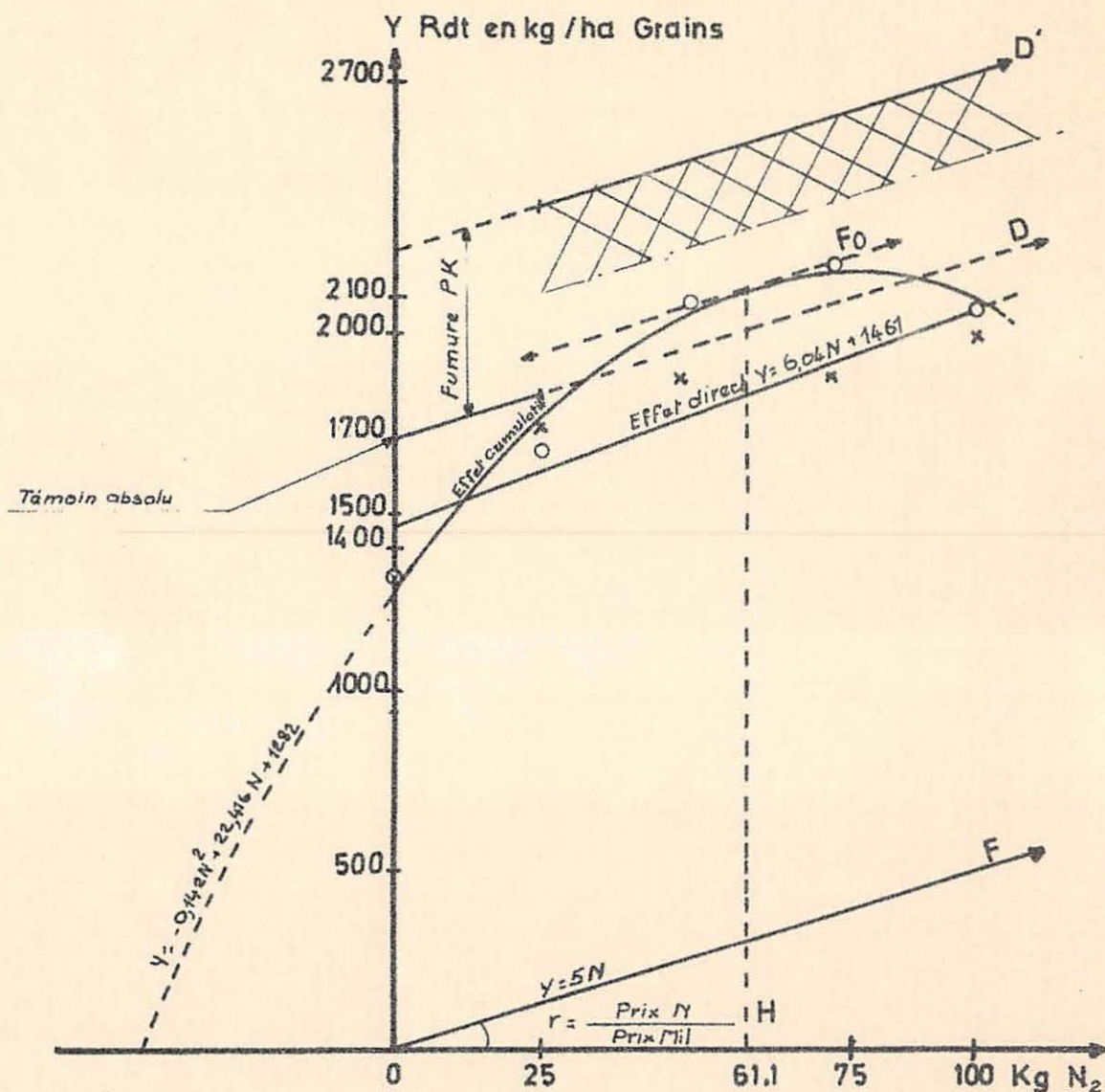
Pour l'établissement de la fonction de production on applique la formule de MAC LAURIN à la relation fumure rendement établie par MITS CHERLICH  $Y = A(1 - e^{-CN})$

A = Rendement Maximum

C = Constant

N = Quantité d'Azote

Puis on néglige les termes supérieurs au  $P^{\text{ème}}$  degré après s'être assuré de leur non signification





Les données expérimentales discontinues peuvent s'ajuster, dans l'intervalle étudié à une droite d'équation :

$$Y = 6,04 N + 1\,461 \text{ (Y rendt. kg/ha, N kg d'azote).}$$

La marge brute, ou différence entre le produit brut de la récolte et le total des charges proportionnelles supportées par la culture qui a reçu la fertilisation, sera maximum quand le coût de la dernière augmentation de fumure (dN) sera égal à la valeur de l'augmentation de rendement (dY) en résultant.

Si  $P_N$  est le prix de l'unité d'azote et  $P_Y$  le prix de l'unité de poids des rendements, la condition précédente s'écrit :

$$P_N dN = P_Y dY \text{ ou } \frac{dY}{dN} = \frac{P_N}{P_Y} = r$$

On obtiendra ainsi la valeur N correspondant à la marge brute maximum à partir de l'équation  $\frac{Y}{N} = r$

En adoptant les prix suivants : Mil : 17 F CFA, kg d'azote : 85 F CFA, on obtient :  $\frac{Y}{N} = 5$

La droite F passant par l'origine et d'équation  $Y = 5N$  (F) représentant le coût de la fumure azotée exprimé en poids de récolte. La droite D parallèle à la droite F et d'équation  $Y = 5N + 1\,702$  (D) où 1 702 représente le rendement témoin absolu, définit la limite minimum de rentabilité, compte tenu de la seule fumure azotée.

Si on incorpore, comme c'est légitime, la fumure phospho-potassique, on obtient la droite D' qui se déduit de D par translation d'une quantité égale au prix de la fumure phospho-potassique exprimé en poids de récolte :  $Y = 5N + 2\,232$  (D') où 2 232 représente le rendement du témoin absolu augmenté du poids de récolte correspondant au prix de la fumure phospho-potassique.

La droite D' définit donc, pour chaque valeur de N, la limite minimum des rendements acceptables pour obtenir une marge brute positive.

On constate que la fonction de production relative à l'effet direct est constamment au-dessous de la droite D' dans l'intervalle étudié.

La rentabilité de la fumure n'est jamais atteinte

- L'effet cumulatif de l'azote est supérieur à l'effet direct. Les effets généraux et linéaires sont très hautement significatifs, l'effet quadratique est hautement significatif. Les coefficients de la fonction de production sont significatifs jusqu'au terme du deuxième degré. La fonction de production peut s'ajouter à une parabole d'équation :

$$Y = 0,142 N^2 + 22,416 N + 1\,282 \text{ (Y rendement en kg/ha, N kg d'azote).}$$

la représentation graphique permet de matérialiser les points remarquables de la fonction :

- Maximum de rendement : 2 165 kg/ha pour 79 kg d'azote
- Potentialité de rendement du sol en l'absence d'azote, mais en présence d'un niveau élevé de PK (intersection avec l'axe des Y) : 1 282 kg/ha.
- Quantité d'azote fournie par le sol en équivalent engrais (intersection avec l'axe des N) : 45 kg/ha.

Ce dernier chiffre doit être considéré avec beaucoup de prudence, en raison de l'extrapolation. Il donne seulement un ordre de grandeur.

- le rendement marginal, ou augmentation par unité d'azote, correspond à la dérivée de la fonction de production.

Pour  $Y' = 5$  on obtient  $N = 61,1$  kg/ha.

En fait cette détermination est sans valeur. En raison du niveau élevé du témoin absolu, la parabole est située entièrement en dessous de la droite D' précédemment définie et la rentabilité de la fumure n'est jamais atteinte.



1 9 6 6	ESSAI N	ESSAI P	ESSAI K
Témoin absolu	825	1090	1001
Effet résiduel 2 <sup>e</sup> année et direct	NO 579 ]	P3 1631 ]	K3 1396 ]
	N1 872 ]	P0 1690 ]	K4 1428 ]
	N2 907 ]	P4 1742 ]	K1 1565 ]
	N3 960 ]	P1 1744 ]	K2 1567 ]
	N4 1223 ]	P2 1839 ]	K0 1568 ]
	Cv % = 18,8 PPDS = 265	Cv % = 12,6	Cv % = 17,9
Effet résiduel 1 <sup>ère</sup> année	N1 707 ]	P2 1641 ]	K1 1425 ]
	N4 725 ]	P1 1673 ]	K2 1446 ]
	N3 726 ]	P4 1695 ]	K4 1607 ]
	NO 800 ]	P0 1726 ]	K3 1754 ]
	N2 840 ]	P3 1745 ]	K0 1764 ]
	Cv % = 25,5	Cv % = 9,3	Cv % = 12,4
	NO 786 ]	P0 1635 ]	K3/ 1362 ]
	N1 847 ]	P4 1699 ]	K4 1716 ]
	N2 1235 ]	P3 1788 ]	K0 1739 ]
	N3 1325 ]	P2 1882 ]	K1 1799 ]
	N4 1537 ]	P1 2034 ]	K2 1806 ]
	Cv % = 20,8 PPDS = 367	Cv % = 13,9	Cv % = 14,2

Les traitements non liés par une accolade verticale sont différents significativement au seuil 0,05 (critère de KEULS).

### Interprétation

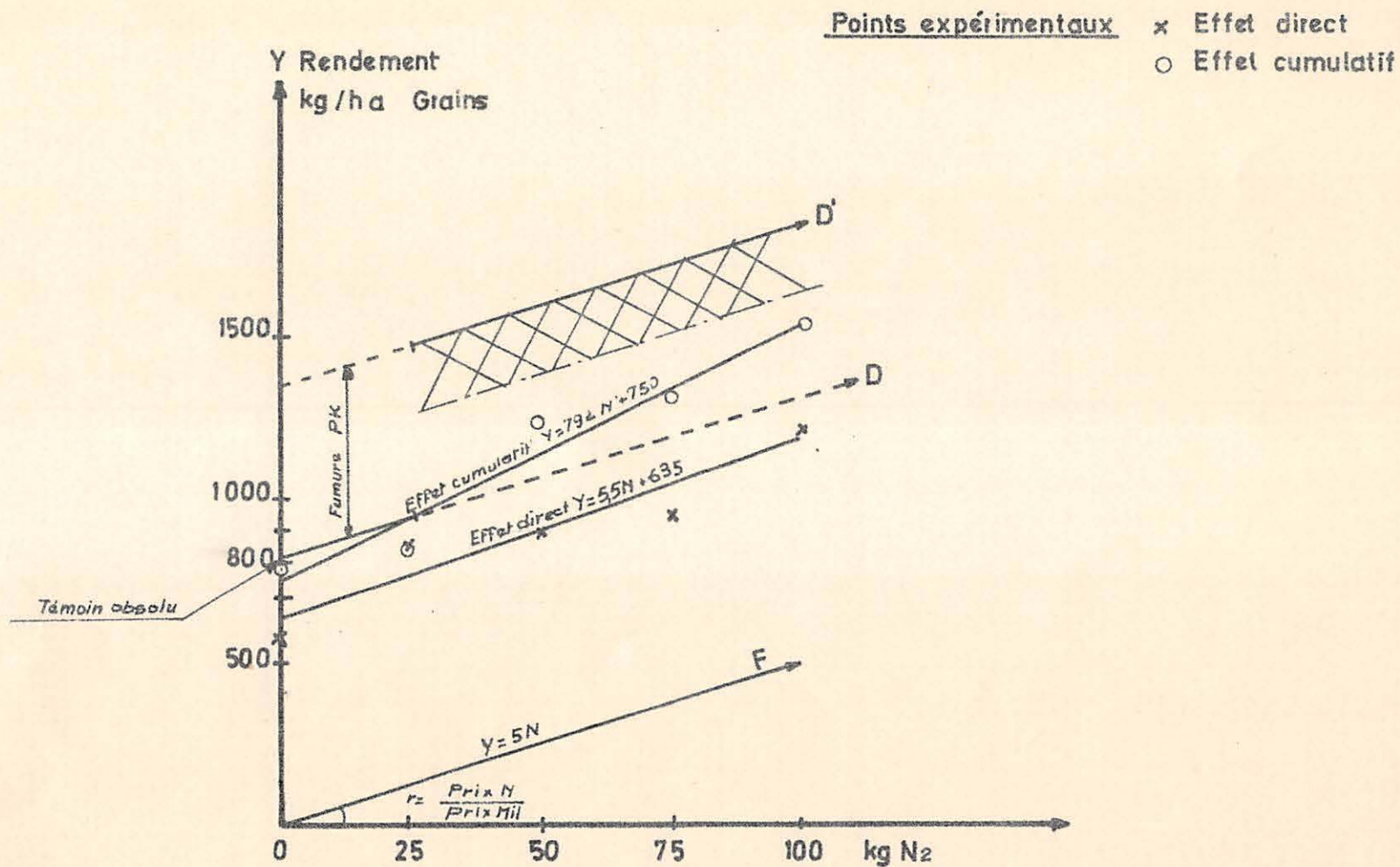
La pluviométrie est nettement déficitaire (339 mm). Le semis est précoce (27-28 Juin), mais une sécheresse totale (3 mm de Juillet) compromet gravement la culture. Malgré cela, de nombreux pieds résistent et les manquants sont remplacés à partir de ceux provenant du démariage parcelle par parcelle le 24 Août. Une pluviométrie correcte en Septembre et Octobre (134 mm et 81 mm) permet d'obtenir un rendement satisfaisant, mais inférieur à celui de 1965 (240 mm de déficit en 1966 par rapport à 1965). Les coefficients de variation sont plus élevés qu'en 1965. La cause est essentiellement due à la densité de poquets à la récolte plus faible et plus variable qu'en 1966 (en moyenne 7 500 poquets/ha pour un semis à 11.000). Les coefficients de variation sont plus élevés sur l'essai azote. Celui-ci a un niveau de fertilité initiale inférieur aux essais P et K, comme l'indique le niveau de rendement des témoins et a été, de ce fait, plus touché par la sécheresse. Comme en 1965, on n'enregistre aucun effet significatif du phosphore et de la potasse. Il ne semble donc pas nécessaire, tout au moins pendant les premières années de culture en diéri et dans les conditions pédoclimatiques de Kaédi, d'apporter plus de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et de K<sub>2</sub>O que les mobilisations minérales de la plante (en absence de la connaissance exacte du niveau des exportations et des autres pertes possibles).

On notera le niveau très élevé des rendements dans les essais P et K qui ont reçu une dose uniforme d'azote.



# KAEDI(RIM) - APPROCHE MINERALE 1966

## Essai Azote - Mil Soung (Grains kg/ha)





On obtient ainsi :

	Témoin absolu	75 N 50 P2O5 100 K2O	75 N 100 P2O5 50 K2O	Plus value
Essai P	1090	2034	-	87 %
Essai K	1001	-	1806	80 %

Ces rendements sont d'autant plus remarquables qu'ils sont obtenus en année très déficitaire (339 mm), et montrent l'importance des facteurs dont l'homme dispose pour lutter contre le déficit en eau. Parmi ceux-ci nous citerons ceux qui ont été employés dans l'expérimentation : préparation profonde du sol, ressemis, démariage précoce, sarco-binages fréquents, protection contre les vents chauds et le soleil, densité plus faible, repiquage au bon moment en utilisant les poquets les plus vigoureux lors du démariage, gardiennage quasi permanent.

Pour l'azote l'effet résiduel après deux ans d'apport est nul comme en 1965

- L'effet direct de l'azote est important. Les effets généraux et linéaires sont très hautement significatifs. On ne peut mettre de différence significative entre les doses. La fonction de production peut s'assimiler à une droite d'équation :

$$Y = 5,5N + 635 \text{ (Y rendement kg/ha, N kg d'azote)}$$

La droite D' définissant pour chaque valeur de N la limite inférieure minimum des rendements acceptables pour obtenir une marge brute positive s'écrit :

$$Y = 5N + 1355 \text{ (D) où } 1355$$

représente le rendement du témoin absolu augmenté du poids de récolte correspondant au prix de la fumure phospho-potassique. La fonction de production étant nettement située au-dessous de D' dans l'intervalle étudié, la rentabilité de la fumure n'est jamais atteinte.

- Les effets généraux et linéaires de l'azote en fumure cumulative sont très hautement significatifs, mais dès le niveau 5 kg/ha on atteint des rendements équivalents à ceux obtenus avec la forte dose en effet direct. On peut faire deux hypothèses à la suite de ce résultat obtenu deux années consécutives : ou bien il reste une faible quantité d'azote qui se trouve disponible et marque en fumure cumulative, mais cette quantité est trop faible pour avoir une action en résiduel ; ou bien l'azote s'est réorganisé et le nouvel apport permet une rentabilisation du stock par minéralisation.

La fonction de production relative à l'effet cumulatif s'ajuste à une droite d'équation :  $Y = 7,92N + 750$ . Cette droite étant située sous la droite D' pour l'intervalle considéré, la rentabilité de la fumure n'est pas atteinte.

Les essais réalisés à Kaédi pendant deux années consécutives sous des pluviométries très différentes sont importants à plusieurs titres :

- Ils permettent de chiffrer le potentiel de production végétale des sols après relèvement du niveau de fertilité chimique. Le rendement maximum se situe autour de deux tonnes pour le diéri de Kaédi. Il est bon de rappeler que les niveaux très élevés des rendements des témoins absolus sont les conséquences de techniques culturales soignées (préparation profonde, démariage, repiquage...). Une seule de ces opérations imparfaite peut compromettre la récolte.

- Ils déterminent l'importance relative des trois éléments principaux de la fumure. Dans les conditions du diéri de Kaédi, le mil ne répond pas à la fumure phospho-potassique. Si ce résultat se confirmait par une expérimentation multilocale simple, la fumure phospho-potassique devra être telle que le bilan brut fumure-exportation soit au moins positif afin de garder toute sa valeur au calcul relatif aux marges bénéficiaires. On pourrait même envisager si l'analyse confirmait une teneur du sol en P2O5 excédentaire, la suppression de la fumure phosphatée pendant un certain nombre d'années, sous réserve de suivre périodiquement par l'analyse l'évolution des réserves en P2O5.

L'azote est réellement le pivot de la fumure. Les gains de rendements obtenus sont de 300 à 400 kg/ha en 1965 à 500 à 800 kg/ha en 1966. La fumure azotée agit surtout sur le nombre de tiges fertiles (épis), le poids



de grains par épi restant par ailleurs sensiblement constant. Ainsi en 1965, on obtient sur la bande cumulative les résultats suivants :

Fumure	Nombre d'épis/ hectare	Poids grains par épi en g	Rendements kg/ha
O	53.050	32,0	1702
PK	43.210	30,5	1317
PK + 25 N	56.480	29,6	1672
PK + 50 N	72.500	28,7	2081
PK + 75 N	70.060	31,4	2199
PK + 100 N	66.360	31,3	2077

- Ils montrent les difficultés d'obtenir une marge brute convenable, en accord avec les critères de vulgarisation dans les conditions pédoclimatiques du diétri de Kaédi. Il faut souligner que les essais d'Approche Minérale se prêtent mal à l'établissement de bilans économiques étant donné l'importance des fumures complémentaires supposées optimum, apportées sur chacun des essais. Ainsi pour l'essai N, la fumure phospho-potassique est de 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 100 kg K<sub>2</sub>O représentant 250 kg de bicalcique et 166 kg de chlorure. Le coût de cette fumure s'élève à 530 kg évalué en poids de récolte.

Le but des essais d'approche minérale est avant tout de déterminer l'ajustement des réserves minérales de façon à atteindre le potentiel exact de l'association pluie-sol et de définir les doses de fertilisants exactes pour compenser les exportations et le lessivage.

L'absence de réponse à la fumure phospho-potassique dans les essais de Kaédi nous autorise donc à réduire celle-ci aux seuls besoins du maintien de la fertilité.

Toutefois, les graphiques nous montrent que même en l'absence de fumure phospho-potassique (dans ce cas on prend en considération la droite D au lieu de la droite D'), la marge brute est de faible importance et n'est obtenue qu'en fumure cumulative.

- Pour que le cultivateur obtienne une marge brute convenable et soit encouragé à utiliser la fumure minérale, on peut proposer pendant un certain nombre d'années une subvention à l'engrais. Il est bon de rappeler à ce propos que plus les charges fixes de la culture seront élevées (perfectionnement des techniques culturales, introduction de la culture attelée, traitements phytosanitaires...), plus importante sera la fumure fournissant le maximum d'intérêt des charges. Ce fait explique les difficultés qui existent à préconiser des fortes fumures, même si leur action est importante, pour une agriculture extensive à succession culturale anarchique, sans équipement matériel, ni possibilités d'investissement. C'est dans ce cadre qu'une aide de l'Etat est souhaitable pendant un certain nombre d'années afin de démarrer une opération qui se rentabilisera elle-même par la suite.

En présence d'une fumure phospho-potassique de 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> et 50 kg K<sub>2</sub>O (restitution des exportations assurée pour une récolte de deux tonnes) on obtient dans les conditions de Kaédi les marges brutes suivantes, en fonction de l'importance de la subvention à l'engrais :



	Fumure azotée	Subvention à l'en- grais	Marge brute en Fr CPA	Gain de rendy par rapport au témoin kg/ha
1965	avec 60 kg N	Totale	7035	415
		1/2	2230	
		1/3 (subv.actuelle)	665	
	avec 70 kg N (marge brute maximum)	Totale	7705	455
		1/2	2480	
		1/3 (subvention actu)	770	
1966	avec 60 kg N	Totale	6805	400
		1/2	2000	
		1/3 (subv.actuelle)	400	
	avec 100 kg N	Totale	2.190	720
		1/2	5 090	
		1/3 (subv.actuelle)	3.520	

Avec 60 kg N, la dose d'engrais représente 300 kg de l'équilibre 20-13,3 - 13,3 .

Le tableau précédent et les graphiques qui y correspondent montrent bien que seule une subvention de démarrage importante, totale la première année, plus réduite les années suivantes, peut permettre au cultivateur d'obtenir une marge brute convenable.

L'Etat y trouverait très probablement son compte par l'accroissement de la production qui limiterait d'autant les importations de denrées vivrières.



- 23 -



La droite D' définit la limite minimum des rendements acceptables pour atteindre le seuil de rentabilité compte tenu de la possibilité du cultivateur d'acquies la fumure à moitié prix



## CONCLUSIONS

Les améliorations possibles des cultures de mil et sorgho pratiquées en diéri sont essentiellement limitées par deux facteurs :

- les variations importantes dans le temps et l'espace de la pluviométrie
- l'importance des dégâts occasionnés par les prédateurs.

Toutefois ces derniers peuvent être limités par un gardiennage permanent. Les techniques culturales sont restées très traditionnelles. La daba et l'iler sont les seuls instruments utilisés, la culture attelée est pratiquement inconnue ; le démariage est rarement exécuté sinon tardivement. Les techniques culturales à recommander sont simples et connues. Elles nécessitent un équipement limité et peu coûteux, mais leur mise en application demande un encadrement serré du cultivateur pendant plusieurs campagnes et un minimum d'investissement. Ces techniques culturales appliquées, il serait alors possible d'envisager l'introduction de la fertilisation minérale.

Deux aspects sont alors à prendre en considération :

- l'accroissement du volume de production
- l'obtention d'une marge brute convenable pour le cultivateur.

La production de petit mil provenant du diéri est autoconsommée totalement pendant la saison sèche. L'irrégularité des récoltes et les problèmes de soudure forcent la majorité des cultivateurs à acquérir en certaines périodes difficiles (Mars, Avril) du mil ou des denrées de substitution importées (en particulier du riz). Chaque période de disette entraîne un départ de population vers les centres urbains qui sont loin de pouvoir absorber et fournir du travail aux nouveaux arrivants. La nécessité de l'augmentation de production s'impose si on prend en considération le taux d'accroissement naturel de la population qui est de 2,4 %. Ce taux entraînerait, s'il se maintenait, un doublement de la population en 30 ans.

Il y a peu de résultats à attendre de l'application de l'équilibre 14-7-7 à 150 kg/ha actuellement vulgarisé au Sénégal. On peut, par contre, raisonnablement affirmer que l'application de fumure à fortes doses, alliées à des techniques culturales correctes, peut entraîner des accroissements de rendement importants dans la zone amont de la vallée. Toutefois ces fortes fumures risquent dans un premier temps de ne pas s'accompagner d'une marge brute convenable nécessaire pour leur vulgarisation.

L'importance des effets cumulatifs de la fumure, par rapport aux effets directs, éclaire l'intérêt d'apports répétés de fertilisants pour atteindre un niveau de fertilité correct. (Ce fait est d'autant plus important à souligner qu'il s'agit dans le cas du diéri de Kaédi de la fumure azotée) Pour atteindre ce but, il est donc nécessaire de faire un investissement, or cet investissement est incompatible avec les revenus dont dispose le cultivateur et les bénéfices que celui-ci est en droit d'attendre au cours des premières années. Une intervention de l'Etat est donc souhaitable. Les calculs de rentabilité effectués dans cette étude ont été conduits en toute rigueur en ne prenant en considération que le prix d'engrais non subventionné. Actuellement un tiers du prix de l'engrais est subventionné au Sénégal. Une subvention de démarrage plus importante dans la moyenne vallée (zone plus défavorisée mais à densité de population élevée) permettrait d'augmenter la production et le potentiel de fertilité des sols en assurant au cultivateur des marges bénéficiaires convenables.

En fait le choix pour les économistes est entre les deux solutions suivantes :

- achat de denrées importées pour subvenir au déficit alimentaire croissant des populations.
- fournir l'engrais avec subvention pour accroître les récoltes, la fertilité des sols et fixer la population.

Cette dernière solution est évidemment la plus satisfaisante pour l'agronome.



# ANNEXES - I -

Profil de sol décrit le 18-2-65 (au voisinage de l'essai d'Approche Minérale de Kaédi).

## - Position topographique

Glacis sableux en légère pente vers la vallée exondée. Arène gréseuse et débris de cuirasse au pied de la butte.

## - Description

0 - 5 cm : Sables pulvérulents, beige-rosé à beige-blanc.

5 - 25 cm : Beige-brun, sec. Structure massive ; très faible cohésion. Sables hétérométriques. Nombreuses radicelles, agrégats sans cohésion.

25-60 cm : Sables plus bruns. Structure massive ; fines radicelles.

60-80 cm : Sables brun-rouge. Un peu d'argile. Transition progressive ; très compact et sec. Sables de décomposition des grès du Continental Terminal.

## - Analyses physico-chimiques et biologiques

Horizons	Ext.acqu CE Mhos 10 <sup>-6</sup> /cm	pH pâte	pH susp. 1/25	pH KCl 1/2,5	pF 4,2	pF 3,0	Argile %	Limon %	Sables très fins %	Sables fins %	Sables gros. %
0- 5	260	6.9	7.2	6.9	2.5	3.1	2.3	0.5	3.8	38.7	53.4
5-25	25	7.4	7.1	6.2	0.7	1.7	2.0	0.8	5.2	46.8	44.9
25-60	16	7.2	7.4	6.4	0.3	2.0	3.3	1.3	5.7	45.7	43.7
60-80	33	7.3	7.6	6.4	2.3	3.3	9.6	0.5	6.9	47.6	35.2
80-100	46	7.4	7.6	6.5	2.3	5.2	9.3	0.5	6.9	51.9	31.2

Horizons	C %	N %	Humus total %	P2O5 total %	P2O5 assimila- ble ppm
0 - 5	7.8	0.5	1.6	0.23	94
5 - 25	1.7	0.1	0.3	0.20	83
25 - 60	1.5	0.1	0.1	0.24	69
60 - 80	1.2	0.1	0.1	0.48	89
80 - 100	1.0	0.1	0.1	0.40	94

## Complexe absorbant

Horizons	Complexe absorbant mé/kg						Cations totaux mé/kg				
	Ca + Mg	Na	K	S	T	S/T	Ca	Mg	Na	K	somme
0- 5	31.9	0.8	3.8	36.5	15.0	-	35.0	42.4	1.6	9.5	88.5
5-25	8.4	0.4	0.8	9.6	11.2	85.7	15.0	20.0	2.0	4.9	41.9
25-60	13.6	1.6	1.4	16.6	17.4	95.4	13.0	35.8	1.0	6.8	56.6
60-80	20.6	0.4	1.8	22.8	25.0	91.2	20.6	45.4	1.5	13.7	81.2
80-100	18.4	0.5	1.4	20.3	23.8	85.3	19.4	27.0	1.2	7.3	54.9



- Complexe absorbant

Horizon	Fer libre	Fer total	Fer libre / Fer total
0-20	12,0 ‰	18,1 ‰	66 %

Cycle de l azote

(Horizon 0-20) (Analyse faite par G. MOUREAUX, microbiologiste de l'ORSTOM)

Azote nitrique après humidification et incubation à 30° pendant 4 semaines :  
7,6 mg N nitrique (très faible)

Pouvoir ammonificateur des sols :  
24,1 mg mycélium pour 20 g de sol (faible)

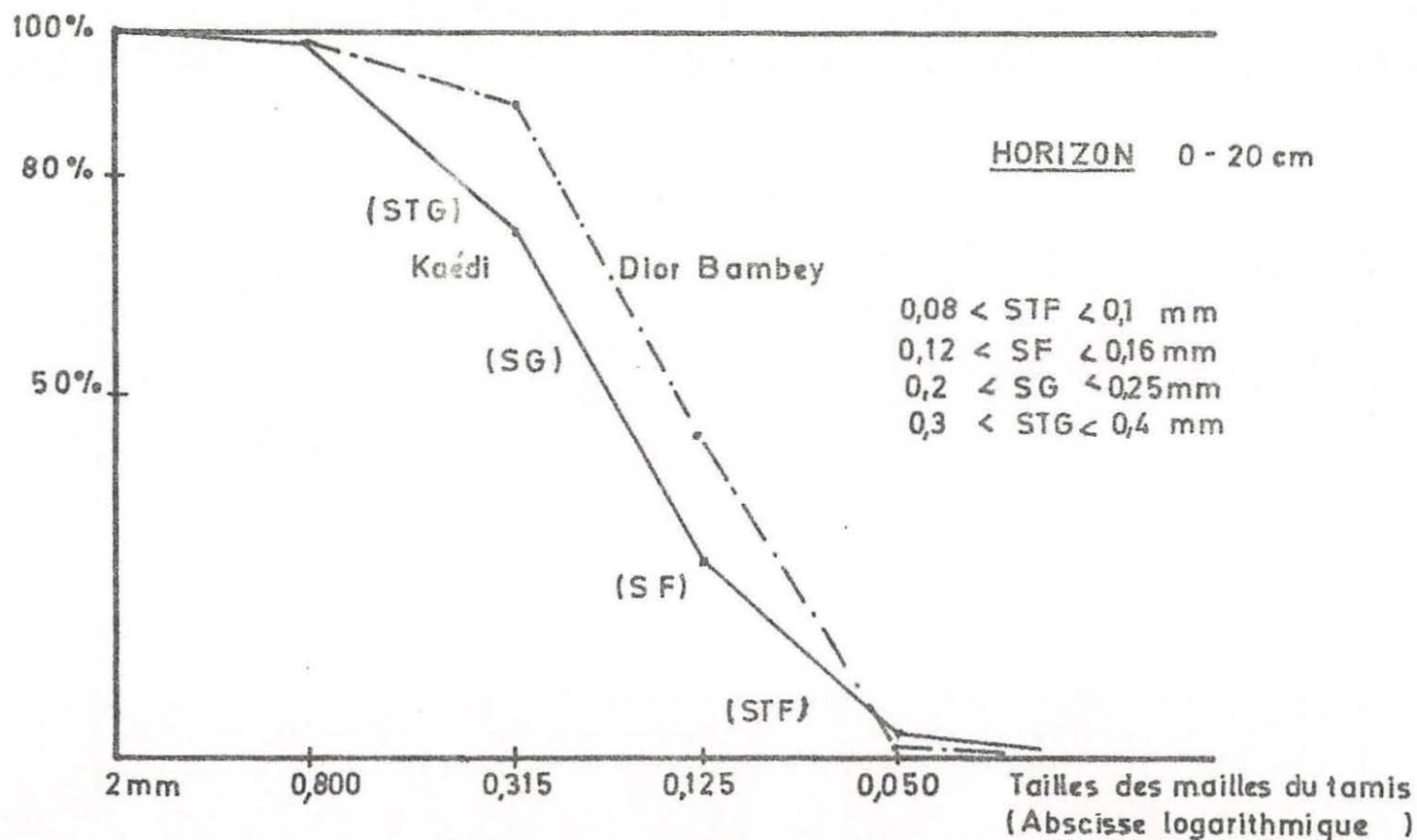
Richesse minérale globale (*Aspergillus Niger*) :  
403 mg de mycélium pour 20 g de sol (moyen).



# COURBES CUMULATRICES

Granulométrie comparée : Kaédi (Sol brun rouge)

**Bambey ( Dior )**





# ANNEXE - II .

## - Principaux résultats Approche Minérale de Kaédi

	1965- 577mm	1966- 339mm
<u>E S S A I N</u>		
Témoin	1 702	825
PK cumulatif (100-100)	1 327	722
N = 75 direct + PK cumulatif	1 881	960
N = 75 cumulatif + PK cumulatif	<u>2 199*</u>	<u>1 325*</u>
Calculé à partir des fonctions de production		
N = 60 direct + PK cumulatif	1 823	965
N = 60 cumulatif + PK cumulatif	2 116	1 225
<u>E S S A I P</u>		
Témoin	1 725	1 090
NK cumulatif (75-100)	1 961	1 684
P = 100 direct + NK cumulatif	2 094	1 839
P = 100 cumulatif + NK cumulatif	<u>2 084*</u>	<u>1 884*</u>
<u>E S S A I K</u>		
Témoin	1 638	1 001
NP cumulatif (75 - 100)	1 918	1 690
K = 100 direct + NP cumulatif	1 875	1 446
K = 100 cumulatif + NP cumulatif	<u>2 085*</u>	<u>1 806*</u>

\* Les rendements soulignés ont reçu la même fumure dans les trois essais pendant trois années consécutives.

L'essai N a souffert beaucoup plus de la sécheresse en 1966 que les essais P et K



## BIBLIOGRAPHIE

- DUGAIN P. « Etude sur la fertilité des sols en Mauritanie » 1958
- DUGAIN P. « Etude de l'évolution du sol sous culture à Kaédi » 1959
- GAUDEFROY - DEMONBYNES Ph. « Activité du Centre de Recherches Agronomiques dans la région de la vallée Fleuve Sénégal » (Annales du C.R.A. Bambey) 1958
- MARCHAL A. « Note sur l'insuffisance des terres cultivables dans la vallée » 1958
- GUILLAUME « Rapport de mission sur l'aménagement du fleuve Sénégal » 1958
- L'Exploitation Agricole Toucouleur - Rapports MISOE 1959
- CANTIER J. « Méthode de culture dans la vallée » 1959
- BOUTILLER -CANTRELLE CAUSSE. LAURENT. N° DOYE « La moyenne vallée du Sénégal » Etude socio-économique 1962
- DURAND « Etude pédologique de l'école des cadres ruraux de Kaédi »
- BONFILS « Etude pédologique de la Station IRAT de Kaédi » 1960
- Rapport d'activité Secteur IRAT-Fleuve 1960 - 1966
- Rapport d'activité Division d'étude du Milieu C.R.A. Bambey. 1963 - 1966
- MALICORNET et LACAILLE -SCPA « Interprétation économique des essais d'engrais »
- LECOMPTE M. « Expérimentation et les engrais »
- SNEDECOR « Statistical Methods »
- PEQUIGNOT et RECAMIER « Recherche d'un seuil de rentabilité pour la fumure azotée »
- HEADY « Coopération entre les disciplines de recherches techniques et économiques en agriculture » N° 50 OCDE 1962