REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DU DEVELOPPEMENT
RURAL

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES
AGRICOLES

DEPARTEMENT DE RECHERCHES SUR LES
SYSTEMES VE PRODUCTION ET LE
TRANSFERT DE TECHNOLOGIES EN
MILIEU RURAL

DEPARTEMENT DE RECHERCHES
SUR
LES PRODUCTIONS VEGETALES

CNO10 1183
P350
SAR

FERTILISATION MINERALE ET ORGANIQUE DU MIL AU SENEGAL

SYNTHESE PREPAREE PAR PAPA LEOPOLD SARR

DOCUMENT PRESENTE A LA REUNION
D'EVALUATIONDU PROGRAMME MIL

79 - 20 - 21 MARS 1986

Fertilisation minérale et organique du mil au SENEGAL

INTRODUCTION

D'une façon générale les céréales au Sénégal et plus particulièrement le mil ont fait l'objet de nombreux travaux sur la fertilisation ; cet effort est à la mesure de l'importance que nos paysans accordent à l'agriculture céréalière.

En effet depuis les temps anciens (agriculture de subsistance) jusqu'à nos jours, malgré l'introduction des cultures de rente, la production céréalière reste une part importante de l'agriculture sénégalaise ; de plus les nouveaux objectifs gouvernementaux visant à instaurer une agriculture autosuffisante au Sénégal témoignent une fois de plus de l'importance des cultures de céréales.

Cette note synthétique fait le point sur les principaux résultats obtenus en matière de fertilisation du mil. Elle s'appuie sur la multitude de documents traitant de cet aspect et dont un certain nombre est disponible pour une meilleure exploitation des résultats obtenus.

1. Connaissances acquises et orientations des recherches :

A l'occasion des journées d'étude sur la recherche et la vulgarisation (1973) le point sur la fertilisation minérale des principales cultures du Sénégal et notamment du mil avait été fait.

En 1981 une synthèse sur la fertilisation du mil et de l'arachide avait été établie. Ces documents font ressortir les principales étapes de la fertilisation du mil : fumure étalée sur la rotation, fumure légére et enfin l'utilisation des thèmes intensifs où en plus de formules d'engrais définies, un cadre cohérent intégrant un ensemble de recommandations pour l'intensification a été défini.

La proposition des thèmes intensifs en 1972 a nécessité la mise en oeuvre des travaux sur la fertilisation potassique du mil pour parer aux risques d'apparution de carence potassique du fait de la consommation de luxe en culture intensive.

La synthèse des travaux sur ce thème réalisée par PIERI C.(1979) définissant une fertilisation potassique du mil en fonction d'objectifs de production fixés figure en annexe de cette note.

Les besoins en N, P et K du mil étant définis, les travaux de fertilisation minérale ont été orientés par la suite vers, d'une part, l'appréciation de l'efficience de l'engrais minéral ternaire en relation avec l'application de techniques culturales telles que le démariage et le sarcla-binage en milieu paysan (L. CISSE, 1981 et 1982) et, d'autre part, vers la recherche d'une fertilisation phosphatée plus économique par l'utilisation de phosphate naturel pur ou partiellement acidifié (L. CISSE 1983 à 1985).

Les études portant sur la matière organique ont été rendues nécessaires par les propositions d'intensification de l'agriculture céréalière en zones soudano-sahéliennes ; à ce titre un ensemble de recherches a pris corps au CNRA de BAMBEY orientées vers la dynamique de l'azote! et le rôle spécifique de la matière organique.

Dans le but d'optimiser la fumure azotée sur céréale et notamment sur mil nous avons d'abord étudié deux thèmes :

- le pouvoir alimentaire azoté des sols sableux en diverses zones écologiques,
- la demande en azote des plantes.

La confrontation des résultats obtenus nous a permis de proposer une fertilisation azotée rationnelle pour les principales cultures céréalières de la zone tropicale sèche. En outre nous avons montré simultanément l'importance de la restitution de matière organique dans l'amélioration de la productivité de l'unité d'azote et de la valeur nutritionnelle du grain sur le mil.

Les résultats obtenus nous ont amenés à approfondir nos connaissances :

1) Sur l'action des facteurs "azote" et "matière organique" :

- sur les facteurs d'élaboration du rendement, le développement racinaire et l'alimentation hydrique et minérale du mil.

2) Sur la gestion des résidus de récolte à savoir la nature et les quantités disponibles en milieu rural, l'action de la nature (fumier, compost, paille) et les techniques de transformation (compostages) et enfin les doses sur le rendement de la céréale.

Par la suite la crise énergétique mondiale a contraint le gouvernement du Sénégal à rechercher et promouvoir, à travers les organismes de recherche agricole ISRA en particulier, toutes les sources d'azote autres que les engrais, les conséquences de cette demande ont été une réorientation ou tout simplement une accentuation de nos recherches sur les thèmes suivants

- Efficience maximale de l'azote engrais
- Fixation biologique de l'azote de l'air
- Gestion des résidus de récoltes.

Toutes ces études sont menées avec le souci de mettre au point des techniques culturales permettant de maintenir voire améliorer la fertilité du sol et ayant des possibilités réelles d'application en milieu paysans (essai petites doses de matières organique, techniques de compostage etc...).

II. PRINCIPAUX RESULTATS

2.1. Fertilisation minérale

a) Fertilisaéion NPK du mil

1° Objectif de production : 1t/ha de mil grain

	N(kg/ha)	P2O5 (kg/ha)	K2O(kg/ha)
Zone Centre (Thies - Diourbel):	60	31.5	0

2° Objectif de production : 2 à 3 t/ha de mil grain

	N(kg/ha)	P2O5 (kg/ha)	K2O(kg/ha)
Zone centre-Sud (Kaolack, Fatick) :	60	31.5	30

Pour atteindre de tels objectifs de production avec ces doses de NPK il faut impérativement faire un labour de début de cycle, un démariage précoce (10 jours après la levée) et éliminer toute concurrence avec les mauvaises herbes.

.../...

Dans les deux cas si on ne restitue pas au sol les pailles de mil, le bilan potassique est très déficitaire. Ces résultats ont été reconfirmés récemment par une étude du bilan minéral de trois variétés de mil (L. CISSE, 1983).

b) Efficacité de l'engrais en milieu paysan et ses interactions avec les dates de démariage et de sarclobinage du mil

Cette étude a été réalisée dans la zone Centre (Thiès - Diourbel) dans une vingtaine de localités (L. CISSE, 1981 et 1982).

L'apport d'engrais minéral (NPK + complément urée) accroît très significativement les rendements du mil en milieu paysan. Les accroissements de rendements sont plus importants si le démariage et les sarclobinages sont effectués aux dates préconisées par la recherche agronomique ; ils s'élèvent en moyenne à 450 et 600 kg/ha respectivement dans les régions de Thies et de Diourbel.

Si le démariage et le sarclobinage sont faits tardivement (environ 10 jours après la date préconisée), l'efficacité de l'engrais diminue ; le surplus qu'il procure diminue de près de 40% .

Sans apport d'engrais, les retards dans l'exécution du démariage ou des sarclobinages ne diminuent pas significativement les rendements.

Si on apporte de l'engrais, le démariage tardif (20 j après la levée) et dans la région de Diourbel, le sarclobinage fait à temps donne en moyenne une augmentation de 300 Kg/ha de mil grain par rapport à une exécution tardive du sarclobinage.

c) Fertilisation phosphatée

Zone Centre :

Commencée en 1983, cette étude vise à déterminer l'efficacité du phosphate de Matam naturel ou partiellement acidifié à 25 % ou à 50 % sur le rendement du mil.

Les résultats disponibles ne permettent pas à l'heure actuelle de tirer les conclusions définitives. Mais ils montent l'intérêt de poursuivre ces travaux. En effet on a obtenu une efficacité de phosphate naturel, du phosphate acidifié à 25 % et à 50 % par rapport au supertriple de 85, 87 et 100 % à la dose de 30 kg/ha de P_2O_5.

Zone Centre-Sud :

Commencée en 1984, l'étude a été arrêtée après une campagne par suite de la réduction des activités du programme valorisation agricole des ressources naturelles. Il serait intéressant de reprendre ces travaux car on avait observé un comportement du phosphate naturel non acidifié équivalent à celui du supertriple.

.../...

22, Fertilisation azotée et amendement organique

a) mobilisation de l'azote par la culture de mil

111 - Mil sélection locale, cultivée à Séfa

Pour un rendement grain de 3310 kg/ha la quantité d'azote mobilisée est 132 kg/ha. Cette mobilisation d'azote ne devient importante qu'après les 40 premiers jours de culture, durant la période qui s'échelonne du 19 août au 14 septembre et qui correspond à la montaison. Le taux de mobilisation d'azote exprimé en kg/ha/jour est alors maximum : 2,4 kg/ha/jour.

112 - Mil cylce long cultivé à Bambey

Pour un rendement grains de 2200 kg/ha, la quantité d'azote mobilisée est de 92 kg/ha. Le taux de mobilisation maximum est inférieur au mil de Séfa (1,5 kg/ha/jour).

113 - Mil variété souna à cycle court cultivé à Bambey

Pour un rendement grain de 1930 kg/ha, la quantité d'azote mobilisée est de 79 kg/ha. Le taux de mobilisation maximum est supérieur au mil de Séfa (2,9/kg/ha/jour).

b) effet des amendements organiques sur le rendement du mil

1) A propos de l'enfouissement des pailles

Plusieurs études ont été menées à BAMBEY sur l'enfouissement des paillas.

- On a pu montrer (PIERI, 1979) qu'en associant la restitution des pailles et une fumure minérale adaptée NPK, on pouvait maintenir le niveau de production du mil à un très haut niveau (2.805 kg/ha, rendement moyen de 1973 à 1977), avec une pluviométrie moyenne de 422 mm. Cependant, on constate une dégradation de la fertilité des sols, se traduisant par une chute du carbone et de l'azote, de l'ordre de 25 % après cinq années de culture.

Ainsi, ces résultats montrent que si l'on sait accroître très efficacement la productivité du système mil-sol sableux par des techniques appropriées, on ne sait malheureusement pas encore assurer le maintien des potentialités.

Le système mil--sol sableux présente de réelles possibilités d'intensification {techniques culturales, fertilisation). Mais cette intensification suppose qu'on se préoccupe du maintien de la fertilité du système qui est largement dépendant du statut azoté et de l'évolution de la matière organique des sols sableux

- D'autres études (GANRY, 1977) ont mis en évidence l'effet des pailles sur le coefficient d'utilisation réel de l'engrais par la plante à l'aide de ^{15}N. Les résultats de ces travaux montrent un effet positif de l'enfouissement des pailles sur la masse végétative de la plante. Le coefficient d'utilisation est élevé par l'enfouissement de la paille.

Conclusion :

L'enfouissement des pailles permet d'accroître la productivité du sol sableux en améliorant l'utilisation de l'engrais par la plante. Cependant, en ce qui concerne la fertilité azotée du sol, il apparaît que :

- la simple restitution des pailles de céréales en association avec une fumure NPK adaptée ne permet pas le maintien de cette fertilité,
- cette matière organique devrait être préhumifiée ;
- cette matière organique devrait être enfouie à des doses supérieures à la simple restitution des pailles de la rotation, ce qui nécessite la restitution des résidus exportés tels que le fumier ou le compost.

2) A propos de l'enfouissement des composts et fumiers

Dans cette zone, les études ont démarré en 1972. 'Dans une première phase, nos recherches ont porté sur l'étude de fortes doses de compost ou de fumier à BAMBEY, THILMAKHA, en culture semi-intensive, arachide-mil, afin de mieux comprendre les mécanismes d'action, et le rôle spécifique de ces matières organiques. Dans une deuxième phase - études en cours - nos travaux visent à la mise au point de systèmes culturaux compatibles avec une utilisation minimum d'intrants (essais courbes de réponses à de faibles doses de matières organique),.

Les résultats obtenus de 1972 à 1980 aussi bien à BAMBEY qu'à THILMAKHA ont permis de tirer les enseignements suivants :

- Le compost stimule la fourniture de nitrates dans le sol et la prolonge. Ce effet expliquerait l'augmentation de rendements du mil (+ 300 kg/ha/an de grains en moyenne, sur quatre années), de la teneur en protéines et de la valeur nutritionnelle du grain (GANRY et BIDEAU, 1975, ALLARD et al., 1981). L'augmentation du rendement du à l'enfouissement du compost résulte uniquement de l'augmentation du nombre d'épis fertiles.
- Un effet résiduel très important (plus important que l'effet direct) des enfouissements de compost a été mis en évidence sur mil après deux années de culture d'arachide (environ + 1 000 kg de grains, GANRY).

.../...

L'explication possible de ce résultat est que l'arachide maintient ou accentue l'état de dégradation des sols dégradés acides, en utilisant l'azote du sol et prdserve ou augmente la fertilité des sols riches par la fixation de N_2.

- En ce qui concerne le maintien de la productivité et de la fertilité, nous distinguerons les sols dégradés et les sols regénérés venant après longue jachère.

. En sols dégradés à THILMAKHA, nous avons mis en place une expérimentation pérenne depuis 1972 dans le but de tester les techniques aptes à regénérer les sols, ou, tout au moins, à maintenir la productivité. Les résultats ont été très nets : seules les parcelles ayant reçu, en plus de la fertilisation minérale forte et du chaulage, 10 tonnes/ha de fumier tous les deux ans sur l'arachide, ont montré une regénération du sol et une augmentation de la productivité, même en année sèche, alors que la dégradation et la baisse de la productivité des parcelles, recevant seulement la fertilisation minérale et le chaulage se sont accentuées, particulièrement en année sèche (WEY, 1981).

. En sols regénérés à BAMBEY, ayant une teneur en N de 0,023 %, on a pu observer, sous culture intensive de mil, sur une période de cinq années (1972-1976), que seuls les traitements avec: enfouissement annuel de compost à fortes doses (10 tonnes MS/ha) ont maintenu le niveau en azote total du sol. Par ailleurs, sur les traitements sans enfouissement, on a noté une baisse de 25 % de la teneur en N pendant quatre années, puis une tendande à la stabilisation.

Ces résultats montrent que, sous culture intensive ou semi-intensive, il serait illusoire de vouloir maintenir une teneur en azote du sol enregistrée après une regénération par jachère en raison de l'impossibilité d'appliquer de telles doses en milieu rural.

3) Les études récentes

3-1°) Essai courbe de réponse aux faibles doses de fumier

Nous venons de montrer la nécessité d'apporter de la matière organique au sol pour maintenir la productivité végétale, et maintenir le stock d'azote du sol. Il s'agit de déterminer à partir de quelle dose raisonnable de matière organique, la productivité et le stock d'azote du sol sont maintenus. Les premiers résultats obtenus sur cet essai (P.L. SARR, 1981/82/83/84) montrent :

- que le mil répond à une application directe du fumier ; sur les traitements, 1tonne/ha et 3tonnes/ha, on a obtenu des plus-values sur le poids des grains, respectivement de 200 kg/ha (+ 20 %), et 340 kg/ha

- que le mil répond très nettement à l'effet cumulatif des apports répétés de fumier.

Ainsi malgré une pluviométrie de l'ordre de 250 à 300 mm/an et l'apparution fréquente de stress hydriques en cours de cycle l'application de faibles doses de matière organique sous forme de fumier (1 t/ha à 4 t/ha par an) en présence d'une fumure minérale vulgarisée autorise des rendements très nettement supérieurs à ceux obtenus dans la zone,

3-2) Amendement organique

Dans cette étude menée depuis trois (3) ans à THILMAKHA, le fumier est apporté sur l'arachide uniquement (10 t/ha) ; le mil bénéficie de l'arrière effet de cet apport et reçoit une fertilisation minérale dite "légère" (150 kg/ha de 14-7-7 au semis et 100 kg/ha d'urée fractionnés en deux doses de 50 kg/ha).

Le fumier accroît significativement le nombre de talles, favorise la croissance linéaire et pondérale, augmente le nombre d'épis fructifiés par poquet ainsi que la surface de l'épi.

Il augmente la densité racinaire du mil dans les horizons 0 - 50 cm et ce dès la deuxième quinzaine du développement végétatif de la plante.

Les teneurs en N, P et K sont augmentées de 30 % environ dès le 17e j. après la levée. Cette différence de teneur en éléments fertilisants, sauf pour le phosphore, se maintient jusqu'à mi-cycle végétatif pour ensuite se situer en fin de cycle à 10 et 20 % respectivement pour l'azote et le potassium.

L'efficience hydrique, mesurée par le nombre de kg de grains produit par mm d'eau consommée, est accrue de trois à quatre fois par le fumier.

Les rendements en mil grain obtenus avec le fumier,bien que inférieurs au rendement potentiel de la variété utilisée(le SOUNA III), sont au moins trois à quatre fois supérieurs à ceux obtenus sans amendement organique.

3-3) Fertilisation organique (compost. Biogaz) et économie d'engrais minéraux.

Cette étude implantée en 1984 vise à établir les économies d'engrais minéraux par un apport complémentaire de compost sur une rotation mil-arachide. La dose de compost est uniforme sur l'ensemble du dispositif (4 t/ha MS) et les traitements consistent à varier les doses d'engrais minéraux (0, 25%, 50% et 100% de la fumure vulgarisée).

.../...

Cet essai est implanté en trois conditions :

- pluviale stricte + compost
- pluviale stricte sans compost
- sous irrigation de complément dans l'optique de sécuriser la production et d'étudier l'interaction compost x irrigation. Les résultats des deux premiers années font apparaître une différence très nette des niveaux de rendement en ordre croissant depuis la condition pluviale stricte sans compost jusqu'à compost + complément d'irrigation. De plus les différences entre traitements dans le cas de l'application du compost sont très faibles comparativement à celles observées dans le cas de non apport de compost.

B I B L I O G R A P H I E

BLONDEL D.,1971

Contribution à la connaissance de la dynamique de l'azote minéral :

- en sol sableux "DIOR"
- en sol ferrugineux tropical à NIORO du RIP
- en sol ferrugineux tropical à Séfa

L'Agron. Trop., VOL XXVI, n° 12.

BLONDEL D.,1971

Contribution à l'étude de la croissance matière sèche et de l'alimentation azotée des céréales de culture sèche au Sénégal.
L'Agron. Trop., VOL XXVI, n°6-7.

BLONDEL D.,1971

Rôle de la plante dans l'orientation de la dynamique de l'azote minéral en sol sableux.
Agron. Trop., 26 (12), 1362-1371.

CISSE L. (1981 et 1982) Doc Ronéo

Efficience de l'engrais combinée au démariage et au sarclo-binage sur la production du Mil.

CISSE L. (1983)

Etude comparée du bilan minéral de trois variétés de mil : SOUNA III, H7-66 et IBV 8004
Doc Ronéo

CISSE L. (1984)

La fertilisation minérale et les contraintes techniques à l'augmentation des rendements des principales cultures de la zone Centre-Nord du Sénégal.
Actes du séminaire régional "zone intertropicale" organisé par l'IMPHOS du 11 au 14 décembre 1984 à YAMOUSSOUKRO (C. IVOIRE)

CISSE L. (1985)

Programme Valorisation Agricole des ressources naturelles du SENEGAL : Etude des effets de l'acidification Partielle sur l'efficacité agronomique des phosphates de MATAM.
Doc. Ronéo.

CISSE L. (1985)

Programme Fertilisation Minérale et Fert:ilité des sols de la zone Centre-Nord du Sénégal.
Rapport d'activités 1984/1985

CISSE L. (1986)

Programme Fertilisation Minérale et Fert:ilité des sols de la zone

GANRY (F)., GUIRAUD 5G) et DOMMERGUES (Y), 1978

Effect of straw incorporation on the yield and nitrogen balance in the sandy soil-pearl millet cropping system of Senegal. Plant and Soils Vol 50, n°3.

GANRY (F) et GUIRAUD (G) 1979

Mode d'application du fumier et bilan azoté dans un système Mil-Sol sableux du Sénégal.

Etude au moyen de 15_N

In : Isotope and Radiation in Research on Soil-plant Relationships.

IAEA SM. 235/16.

GANRY (F) et BERTHEAU (1), 1980

Gestion des résidus de récolte et économie de l'azote au Sénégal. Séminaire régional FAO sur le recyclage en agriculture en Afrique de l'ouest. 24-28 novembre in Lomé (Togo) - Bulletin pédologique de la F.A.O. n°47.

GANRY (F), 1981

Rapport annuel de la Division de Biochimie des sols Année 1980 - Programme ISRA 2/7 - Doc. Ronéo CNRA de BAMBEY (Sénégal) - 9 p.

M.D.R./D.S.A. (1973)

Actes des journées d'études sur la recherche et la vulgarisation tenues du 8 au 13 janvier 1973 à Rufisque pp.74 - 81

C. PIERI (1979)

La fertilisation potassique du mil pennicetum et ses effets sur la fertilité d'un sol sableux du Sénégal.

Compte rendu de cinq années d'expérimentation

Doc. ISRA/IRAT.

SARR (P.L.) FARINET (J.L.) - 1984

La Filière compost - Biogaz au SENEGAL : Resultats acquis et perspectives Rencontres internationales 1984 "Energie - developpement".

Marseille 22 - 26 mai 1984.

SARR (P.L.) ; FARINET (J.L.) ; BOQUIEN (C.Y.)1985

Production continue de Biogaz pour la petite motorisation rurale.

Rapport n° IV - Résultats de la campagne de saison des pluies.

Programme EMIRAT - AFME/ISRA/CIRAD.

.../...

SARR (P.L). GANRY (F) ; 1985
Utilisation des composts CIDR sur la tomate et leur arrière-effet sur le mil
Agro- Trop. 1985, 40 - 1 5 pp

SARR (P.L) 1982 - 1983 - 1984 - 1985.
Courbe de réponse à des doses croissantes de fumier (THILMAKHA) et systèmes de culture (SONKORONG). Rapports annuels.

WEY (J) 1981
La fixation biologique de N_2 par la symbiose rhizobium-légumineuse, Synthèse des résultats de la campagne 1980-ISRA/CNRA/BAMBEY SENEGAL. 9p.