

CN0101578
F040
SOW

REPUBLIQUE DU SENEGAL

Un Peuple - Un But - Une Foi

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

MINISTERE DE L'AGRICULTURE
ET DE L'ELEVAGE

Ecole **Nationale** des **Cadres** Ruraux
(ENCR) de **Bambey**

Institut Sénégalais de Recherches Agricoles



Centre National de la Recherche agronomique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur des Travaux Agricoles

THEME



Présenté et soutenu

Par

Aliou SOW

3⁵^{ème} Promotion

Maître de stage :
Cheikh Mbacké MBOUP
Professeur à l'ENCR
Bambey

Tuteur de stage:
Dr Mamadou NDIAYE
Chercheur au CNRA-

SOMMAIRE

Dédicaces	I
Remerciements ..	II
Avant-propos	III
Résumé	I V
I Introduction	1
II Justification	3
III Objectif	5
IV Etude bibliographique	6
4.1 Présentation de la culture du mil	6
4.1.1 Description botanique	6
4.1.2 Cycle de développement	7
4.1.2.1 La phase végétative	7
4.1.2.2 La phase reproductrice	7
4.1.2.3 La phase de maturation	8
4.1.3 Les exigences agroécologiques ..	8
4.2 Problème de la dégradation des sols	9
4.2.1 Les principales causes de baisse de la fertilité des sols	9
4.2.2 L'acidification des sols ..	10
4.3 L'amélioration de la fertilité des sols dégradés	11
4.3.1 Les amendements organiques et chimiques	11
4.3.2 Le rôle de la matière organique ..	11
4.4 La fertilisation organique ..	12
4.5 La fertilisation minérale ..	13
4.6 La nutrition minérale ..	14
4.6.1 L'alimentation azotée ..	14
4.6.2 L'alimentation p h o s p h a t é e . . .	15
4.6.3 L'alimentation potassique	16
4.6.4 Interaction entre les éléments nutritifs	16
4.7 L'élevage	16
4.8 La composition des aliments ..	17
V Les caractéristiques générales de la zone	18
5.1 Physionomie de la zone	18
5.2 Le milieu physique	19
5.2.1 Le climat	19
5.2.2 Le relief et le sol	19
5.2.3 La végétation	20
5.2.4 Les activités socio-économiques	20
VI Matériel et méthode	21

6.1 Site d'implantation	21
6.2 Matériel végétal	21
6.3 Le fertilisant le fumier)	21
6.4 Dispositif expérimental	22
6.5 La conduite de la culture	23
6.5.1 Choix du terrain	23
6.5.2 Les principales opérations culturales	23
6.6 Les observations et mesures	24
6.6.1 Prélèvement de sol	24
6.6.2 Observations	25
6.6.2.1 Striga	25
6.6.2.2 Mildiou	25
6.6.2.3 Chenilles	26
6.6.3 Mesures et analyses effectuées	26
VII Résultats et discussions	27
7.1 Pluviométrie de l'hivernage 2000	27
7.2 Analyse des sols	28
7.3 Analyse des fumiers	28
7.4 Infestation du Striga	31
7.5 Infestation du mildiou	33
7.6 Les chenilles	34
7.7 Composants du rendement	35
7.7.1 Densité à la levée	35
7.7.2 Nombre moyen de talles	36
7.7.3 Nombre de pieds présents à la récolte et de pieds récoltés	37
7.7.4 Nombre d'épis récoltés	38
7.7.5 Poids des épis	38
7.7.6 Poids des grains, poids paille et poids des 1000 grains	40
7.8 Discussions générales	41
VIII Conclusion et recommandations	43
Références bibliographiques	45

DEDICACES

Ce mémoire est dédié à la mémoire de ma mère Tedy BA, qui de tout temps ne cesse de prier pour notre réussite.

A mon frère Ibrahima SOW et à sa femme Dièyenaba SOW

A mes soeurs Aminata SOW , Awa SOW à Birkilane

A tous mes neveux et nièces

A mon oncle et frère Baba NDIENG

A mes amis Ibrahima DIAKHATE, A. MBENGUE, I. DIOP, K. THIAM et DIALLO

REMERCIEMENTS

Je ne saurais entamer cette rubrique sans pour autant rendre grâce au seigneur Allah le Tout-Puissant et à son Prophète Mouhamed (PSL), pour l'esprit de discernement qu'il m'a donné, pour avoir guidé mes pas durant **tout** mon cursus scolaire et en fin de m'avoir donné le courage et la pertinence qui a permis l'aboutissement de ce travail.

Je tiens donc, à remercier vivement les Directeurs Généraux de l'E.N.C.R et de l'I.S.R.A.

Je remercie le Directeur du CNRA pour la confiance qu'il m'a accordé en acceptant ma demande de stage.

Je suis moralement redevable à Dr Mamadou Ndiaye, à qui je dois l'initiative et la direction de ce mémoire. Il n'a ménagé aucun effort, avec une constante humeur et une grande disponibilité, pour assurer avec son expérience de la recherche, la réalisation de ce mémoire. Ces remarques pertinentes sur le fond et la forme ont permis d'améliorer la qualité du document. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Je remercie le professeur Cheikh M. Mboup pour sa disponibilité, ses conseils et la qualité de ses réflexions.

Mes remerciements vont à l'endroit du Directeur des études de l'E.N.C.R et à travers lui tout le corps professoral, plus particulièrement à tous les professeurs qui ont contribué à ma formation.

Aux familles Diouf et Sow de l'ENCR

A Monsieur Ibrahima Mbodji, professeur et Chef de Département Production Végétale (DPV)

A tous les autres chercheurs du C.N.R.A de Bambey pour leurs conseils très avisés.

Ce travail de mémoire ne serait jamais arrivé à son terme sans le soutien technique sans faille, de Monsieur Ngor Séné, je le remercie très sincèrement de m'avoir initié à l'outil informatique MSTAT.

Je tiens aussi à exprimer mes remerciements et ma reconnaissance à toute l'équipe technique du service de laboratoire de l'Agronomie, en particuliers Messieurs Alioune Thiaw, Almamy Ndiaye et Ibra Fall.

Je remercie aussi Madame Cissé nutritionniste au Laboratoire National d'Elevage et de Recherche Vétérinaire (LNERV) de Dakar et toute l'équipe qui a conduit l'alimentation des animaux.

J'adresse mes remerciements à tous mes camarades de la 35^{ème} promotion plus particulièrement à mon ami et frère inséparable Boubacar Diouf et à Waly Sène le maître de Tackwondo et à travers lui tout le Dojang de l'ENCR.

A notre soeur Lydie Sarr, professeur à Bambey pour sa gentillesse et à toutes ses soeurs.

Je n'aurais oublier Monsieur Samba Kane, chef du village de Kane-Kane et à toute la famille pour l'hospitalité qu'ils m'ont accordée.

AVANT - PROPOS

Le travail présenté dans ce mémoire a été réalisé d'une part à l'Ecole Nationale des Cadres Ruraux (ENCR) et d'autre part à l'Institut Sénégalais de Recherches Agricoles (ISRA) dans son Centre National de Recherche Agronomique (CNRA) de Bambey dans le cadre de la convention GEMS (Gestion des Eléments Minéraux du Sol) exécuté par ISR4 et International Livestock Research Institute (ILRI).

Il est relatif à l'amélioration de la fertilité des sols dans la zone Soudano - sahélienne grâce à la valorisation des ressources naturelles à travers une amélioration de la ration alimentaire des animaux en phosphore et en azote et l'utilisation de fumiers produits pour l'amendement des sols.

C'est un fruit de quatre mois et demi de stage qui parachève trois années de formation d'Ingénieur des Travaux Agricoles au sein de l'ENCR de Bambey. Il comprend entre autre la recherche bibliographique, le suivi et observation des parcelles, l'analyse et l'interprétation des données.

RESUME

La dégradation croissante des sols consécutive à la suppression des jachères et à la non accessibilité aux engrais ont conduit la recherche à proposer des solutions. La présente étude a pour but de développer un système d'intégration de l'agriculture et de l'élevage pour améliorer la fertilité des sols épuisés et la productivité des cultures.

La démarche mise en oeuvre consiste à moderniser le système de production traditionnel par une sédentarisation des animaux. Dans notre approche on étudie l'action du fumier, produit par le bovin du producteur supplémenté à partir d'une ration enrichie en azote ou en phosphore, sur le comportement végétal et le rendement du mil en comparaison avec la pratique paysanne. Pour cela des essais multilocaux sont installés sous dispositifs en blocs complets randomisés à cinq traitements : quatre avec différents types de fumiers et un témoin sans fumier avec trois ou deux répétitions selon le cas sont conduits dans les champs de paysans au niveau de quatre hameaux du village de Kane-Kane, région de Diourbel. Des mesures, observations et analyses des données sont effectuées sur plusieurs paramètres durant tout le cycle végétatif du mil. Les résultats obtenus, nous ont permis d'apprécier le rôle fondamental et l'effet de ces différents types de fumiers sur les variables analysées malgré les quelques contraintes liées à l'infestation du Striga, à la maladie du mildiou et les autres attaques intervenues. Les rendements de ces essais sont significativement différents d'un traitement à un autre mais aussi d'un paysan à un autre. Au niveau traitement, le meilleur rendement est celui du traitement 5 qui a reçu du fumier produit par les bovins supplémentés en azote et en phosphore et au niveau paysan, c'est le paysan Bada Kane (n° 6) qui vient en tête. Ces résultats montrent l'intérêt de l'apport de matières organiques de qualité pour corriger les carences minérales des sols et accroître durablement la productivité agricole.

La valorisation des ressources naturelles en l'occurrence le fumier amélioré, est un moyen efficace pour l'accroissement de la productivité du mil.

Mots ▪ clés : Sénégal, bovins, rations alimentaires, sols dégradés, mil, fumier, rendement du mil.

LISTE DES ABREVIATIONS

E.N.C.R: Ecole Nationale des Cadres Ruraux

I.S.R.A : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

C.N.R.A: Centre National de la Recherche Agronomique

C.N.B.A: Centre Nord du Bassin Arachidier

I.L.R.I: International Livestock Research Institute

F.I.D.A: Fond International de Développement Agricole

O.N.C.A.D: Office National de Coopération et d'Assistance au Développement

L.N.E.R.V : Laboratoire National d'Elevage et de Recherche Vétérinaire

E.T.P : Evapotranspiration potentiel

C.E.C : Capacité d'Echange Cationique

G.E.M.S : Gestion des Eléments Minéraux du Sol

M.A.R.P : Méthode Active de Recherche Participative

F.I.T : Front Intertropical

M.A.D : Matière Azotée Digestible

G.M.Q : Gain Moyen Quotidien

U.F : Unité Fourragère

JAS : jours après semis

M.S : Matière sèche

LA LISTE DES FIGURES

Figure 1: Pluviométrie décadaire de la zone d'étude

Figure 2 : Incidence 1 (%) des symptômes de Striga sur les parcelles des paysans

Figure 3 : Les teneurs en azote en fonction des traitements

Figure 4 : les teneurs en phosphore en fonction des traitements

Figure 5 : les teneurs en potassium en fonction des traitements

LISTE DES TABLEAUX

- Tableau 1: Fertilisation minérale du mil en fonction de trois niveaux d'intensification
- Tableau 2: Dates des différentes opérations
- Tableau 3 : Les quantités des éléments fertilisants apportées sur les parcelles
- Tableau 4: Incidence et nombre moyen de plantes de Striga sur le mil en fonction des traitements
- Tableau 5: Incidence des plantes de Striga sur le mil en fonction de la diversité des parcelles paysannes
- Tableau 6: Incidence et Sévérité du mildiou sur le mil en fonction des traitements
- Tableau 7: Incidence et Sévérité du mildiou sur le mil en fonction de la diversité des parcelles paysannes
- Tableau 8: Densité de levée au niveau des parcelles paysannes
- Tableau 9: Nombre moyen de talles et nombre moyen de talles fertiles par poquet (3 plantes:) en fonction des traitements
- Tableau 10: Nombre moyen de talles et nombre moyen de talles fertiles par poquet (3 plantes) en fonction de la diversité des parcelles paysannes.
- Tableau 11 : Nombre moyen de poquets présents, de poquets récoltés, d'épis récoltés et de poids des épis en fonction de la diversité des parcelles paysannes
- Tableau 12: Les différences des rendements des épis en fonction des traitements.
- Tableau 13 : Les rendements en grains (kg / ha) en fonction des traitements.
- Tableau 14 : Rendement en grains et poids des 1000 grains en fonction de la diversité des parcelles paysannes
-

I - INTRODUCTION

Le Sénégal est un pays à vocation agricole avec plus de 70 % de sa population vivant à partir des activités agricoles. Le mil représente la principale céréale cultivée; il occupe presque les deux tiers des superficies emblavées dans le bassin arachidier et constitue la base de l'alimentation rurale.

Cependant cette zone, à l'instar de celle soudano-sahélienne souffre, d'une période de sécheresse persistante durant ces dernières décennies ayant pour conséquence une régression considérable des pluies dans le temps et dans l'espace. Cette situation dramatique est accentuée par des pratiques culturales de types extensifs sans fertilisation et restitution des éléments fertilisants exportés par les récoltes ou perdus par lessivage.

Avec l'essor démographique, il se pose un réel problème de l'espace et de l'appauvrissement des terres. Les terres agricoles se dégradent par suite de la rupture d'un équilibre fragile entre le taux d'occupation des terres par les hommes et les troupeaux, la fertilité naturelle des sols et la production alimentaire (PIERI, 1989).

Aujourd'hui, ces sols se caractérisent par une faible teneur en matières organiques et une faible capacité de rétention de l'eau. Certains sols tendent à s'acidifier avec des fois la toxicité notamment Aluminique.

La production primaire végétale est réduite et la pression de pâture sur les espaces pastoraux fortement rétrécis est aggravée. L'assolement et la rotation incluant la jachère de longue durée ne sont plus pratiqués. Les quelques troupeaux présents dans la zone pendant la saison sèche éprouvent des difficultés à trouver du fourrage et de fournir de la matière organique.

La difficulté d'accès à l'engrais et l'utilisation du matériel végétal peu adapté de cycle souvent inapproprié et sensible aux principales maladies et attaques contribuent à la diminution de la productivité du mil.

En dépit des nombreux acquis enregistrés dans le domaine de la recherche, les rendements demeurent toujours faibles en milieu paysan et ne dépassant guère 750 kg / ha (FOFANA et

MBAYE, 1990). L'extension des superficies cultivées n'a pas permis à ces populations d'assurer leur sécurité alimentaire.

Face aux besoins alimentaires croissants, l'augmentation de la production agricole devra non seulement s'appuyer sur l'extension des superficies cultivées mais aussi et surtout sur l'amélioration de la productivité des terres.

Pour répondre à un tel défi, le Centre National de la Recherche agronomique (CNRA) en collaboration avec l'International Livestock Research Institute (ILRI) a tenté de dégager des solutions au problème de l'amélioration de la fertilité des sols. Le principe de l'approche méthodologique est de privilégier l'intensification durable des productions agricoles par le renforcement de l'intégration agriculture • élevage. La correction des carences minérales est envisagée avec l'apport du fumier produit par de bovins ayant reçus des rations améliorées.

II - JUSTIFICATION

Depuis quelques décennies, on assiste à un bouleversement du système traditionnel de production. Ce système était marqué par une dominance des cultures vivrières et l'agriculture était soumise à une alternance de brèves périodes de cultures et des jachères de longues durées (5 à 10 ans) avec des pratiques culturales qui étaient manuelles.

L'introduction de certaines cultures de rentes (arachide et coton) avec la culture attelée et de l'essor démographique ont favorisé l'expansion des zones cultivées. Cette situation a entraîné la densification rurale et par là une très grande régression des jachères. Les cultures vivrières ont perdu leur rang au profit de celles introduites. La disponibilité en terre devient insuffisante pour nourrir la population. La mise en culture continue des terres naturellement marginales était l'unique solution pour les paysans.

La surexploitation des terres a fait que ces dernières sont appauvries et les aléas climatiques ont amplifié ces phénomènes de dégradation. Il s'en est suivi une baisse de fertilité des sols qui est une des contraintes majeures à la production agricole actuelle (PENNING et DJITEYE, 1982).

Ceci a conduit à un déficit vivrier dans le pays entraînant même l'importation de ces céréales locales principalement du Mali. C'est pour réactiver les cultures vivrières, que le plan céréalier du Sénégal prévoit une augmentation sensible de la production du mil, sorgho et maïs permettant de couvrir 80 %, vers l'an 2010 les besoins en céréales, actuellement couverts à 50 - 60 % (NDIAYE, 1997).

Conscients de la situation alarmante, les paysans tentent de maximiser leur production par l'extension des surfaces agricoles. La concurrence entre les cultures, l'élevage et les ressources ligneuses devient rude. La production annuelle de biomasse végétale est insuffisante pour couvrir les besoins fourragers du cheptel et les besoins vivriers et énergétiques de la population rurale. L'utilisation des bouses de vache pour l'énergie dans certaines zones le montre bien.

L'absence ou le manque d'apport d'engrais minéraux et des restitutions accentuent la précarité des systèmes de culture. Ces engrais minéraux et les produits vétérinaires et de l'alimentation des animaux deviennent coûteux avec le désengagement de l'Etat.

Ainsi, l'augmentation de la production agricole ne peut se faire que par l'intensification. La meilleure manière de protéger un sol cultivé est de le faire produire plus; c'est-à-dire en apportant tous les besoins nécessaires à la plante. L'accroissement de la productivité se fait par l'optimisation durable de l'utilisation de l'eau et des éléments nutritifs par les cultures. Il n'y a intensification que lorsque l'environnement climatique et édaphique autorise le succès d'options techniques visant l'augmentation de la productivité (MCINTIRE et al., 1992) et, surtout, lorsque les conditions économiques et sociales assurent le développement d'une demande solvable et d'un marché efficient (WILLIAMS et al., 1995b).

L'équilibre du bilan des éléments nutritifs et l'accroissement de la productivité agricole sont devenus obligatoires pour nos sols. Plusieurs solutions de fertilisation ont été émises mais elles se heurtent toujours à des limites. La fumure minérale avec son rôle essentiel reste bloquée par son coût élevé et sa non disponibilité en milieu paysan. L'eau et la paille sont les facteurs limitants pour la fabrication du compost. L'agroforesterie par son action souvent localisée nécessite beaucoup de temps, des suivis et une protection pour sa réalisation. D'autres types de fertilisations comme l'apport des résidus de poissons ont été aussi effectués (NDIAYE et al., 2000).

Aujourd'hui avec ces contraintes, l'apport de fumier est une voie réaliste, pour l'amélioration de fertilité des sols et la productivité des cultures. Son apport en quantité insuffisante pousse la recherche à dégager des stratégies en vue d'améliorer sa qualité en azote et en phosphore. Pour améliorer cette pratique de la fumure organique, les efforts portent depuis plusieurs décennies sur la valorisation des résidus de récoltes et de la matière végétale directement, ou indirectement via l'animal (animaux sédentarisés) (HAMON, 1967, 1972 cité par NDIAYE, 1997). Le développement de l'élevage apparaît à la fois comme l'une des formes et l'un des moyens de l'intensification agricole au Sahel.

Dans notre approche, différentes rations enrichies en azote et en phosphore sont administrées à des animaux en vue d'améliorer leurs performances zootechniques et la qualité de leurs

fumiers. Dans la présente expérimentation, on étudie l'effet de l'application des fumiers produits par les bovins nourris à partir de rations alimentaires sur la productivité des cultures du mil.

III - OBJECTIF

L'objectif principal de l'étude est d'augmenter les rendements des cultures en particulier du mil, à moindre coût en valorisant les ressources naturelles (fumier de qualité:) disponibles en milieu paysan ou accessibles à très faible coût.

Les objectifs spécifiques de l'activité de recherche proposée visent à :

- ≈ limiter la dégradation de la fertilité des sols par le recyclage des éléments minéraux et organiques apportés par le fumier;
- ≈ sécuriser les productions alimentaires et les revenus des agriculteurs par une gestion rationnelle des ressources naturelles.

IV- ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE.

4.1 - Présentation de la culture du mil.

4.1.1 - Description botanique du mil

Le mil à chandelle est dénommé *Pennisetum glaucum* par BROWN, *Pennisetum typhoides* par STAPH et HUBBARD ou *Pennisetum americanum* par LEEKE (DIOUF, 1990).

L'espèce des zones tropicales semi-arides de l'Afrique et de l'Inde est le *Pennisetum americanum* qui est une plante annuelle diploïde ($2n=14$). Le mil (millet) est une céréale monocotylédone cultivée en zone tropicale sèche pour son grain. Il fait partie de la famille des Poacées, sous famille des Panicoidees et Section penicillaria. Il est originaire de l'Afrique de l'ouest.

Le mil se présente en touffes, robustes et dressées dont la hauteur varie suivant les espèces et les variétés (1,80 à 2,5 m pour la variété souna III). Le système racinaire est fasciculé et plus important dans les 50 premiers centimètres du sol.

Les tiges ou chaumes sont cylindriques et creuses par résorption de la moelle sauf au niveau des noeuds. Ces tiges portent des noeuds assez proéminents avec des bourgeons axillaires qui donnent des talles aériennes à leur base. A chacune des talles sont associées des racines secondaires. La première talle n'émerge qu'en même temps que la sixième ou septième feuille (ONG et MONTEITH, 1985 cité par DIOUF, 1990); elle serait issue du bourgeon situé à l'aisselle de la deuxième ou la troisième feuille (LAMBERT, 1983 a).

Les feuilles du mil sont engainantes, alternes, parallélinerves et distiques et présentent un limbe lancéolé pouvant dépasser 80 centimètres. La gaine foliaire fendue longitudinalement est assez longue et peut couvrir un à deux entre noeuds.

L'inflorescence appelée chandelle, en position apicale, est un faux épi situé à l'extrémité de la tige. Les épillets, généralement biflores et hermaphrodites, ne sont pas sessiles et sont regroupés dans des bouquets de soies plumeuses appelées involucre. Les stigmates émergent d'abord du haut en bas et restent réceptifs pendant 3 jours. Trois à quatre jours après la floraison femelle, les anthères apparaissent du haut de l'épi.

Les fleurs bissexuées commencent avec la première vague des anthères. Un à trois jours après le début de la première vague de l'anthèse et se superposant à celle-ci, l'anthèse des fleurs mâles commence pour achever la pollinisation des stigmates encore réceptifs. Le processus de l'émission du pollen dure ainsi 4 à 7 jours et la durée de vie du pollen est de 7 jours (HAMON, 1993).

L'importance de la biologie florale des espèces *Pennisetum* est leur nature prototype qui signifie que les carpelles sortent et mûrissent avant les étamines. Le mil est une plante allogame.

4.1.2 - Cycle de développement

Selon LAMBERT (1983-a), le cycle du mil peut être divisé en trois phases principales : la phase végétative, la phase de reproduction et la phase de maturité.

4.1.2.1 - La phase végétative

Cette phase peut être divisée en 3 parties :

- ⚡ Germination et levée: la germination du mil débute quand la graine a absorbé environ 1 / 3 de son poids en eau, une pluie de 8 à 15 mm est suffisante. La germination est hypogée et a lieu 24 heures après semis dans de bonnes conditions. La levée se produit 4 à 5 jours après le semis, avec l'apparition de la première feuille.
- ⚡ Feuillaison et tallage: Les variétés précoces produisent généralement moins de feuilles que les variétés tardives, mais ont une vitesse d'émission plus rapide. Le tallage dure du 10^e au 35^e jours après semis pour le souna.
- ⚡ Montaison: elle se caractérise par un allongement internodal considérable des tiges et par l'apparition des dernières feuilles, elle dure du 35^e au 60^e jour après semis.

4.1.2.2 - La phase reproductive

Les pièces florales se forment au cours de la montaison. On observe une forte corrélation entre la longueur de la chandelle et la longueur du cycle (LAMBERT, 1983 a). Seule les talles ayant 7 à 8 feuilles sont reproductives; les autres restent végétatives (ONG, 1983 b cité par DIOUF, 1990). Dans la phase reproductive, on peut distinguer trois étapes :

« L'épiaison : le développement de l'épi débute à l'intérieur de la tige au cours de la montaison. Le nombre définitif de feuilles est atteint après l'apparition de l'épi.

« La floraison : elle a lieu à partir du 60^e jours et s'étale dans le temps.

« La fructification : elle comprend les phénomènes post-floraux à savoir le développement de l'ovaire, la nouaison et la formation des graines.

4.1.2.3 - La phase de maturation

Les grains, à travers les 3 phases (laiteuse, cireuse et vitreuse) arrivent à la maturation physiologique 20 à 50 jours après floraison, selon les variétés. La maturité physiologique est marquée par la formation d'une tâche noire dans la région du hile du grain.

4.1.3 - Les exigences agroécologiques

Le mil est une plante C4 de la région chaude. La température moyenne optimale est de 28°C (ONG, 1983-a cité par DIOUF, 1990). L'optimum des besoins en eau est de 400 mm répartis en 70 jours pour le souma. Les besoins en eau varient en fonction des variétés et de l'ETP des zones de culture. Un stress hydrique pendant la montaison réduit le nombre d'épis par pied et le nombre de talles fertiles et diminue le nombre de grains par épi et le poids d'un grain.

La compétition pour la lumière est d'autant plus élevée que la densité des tiges est forte (POUGET, 1974). Un déficit de radiation lumineuse pendant la phase post-anthèse, réduit fortement le nombre d'ovules fécondés. L'activité photosynthétique est assurée à 75 - 80 % par les 3 - 4 dernières feuilles.

La photopériode a aussi une action sur le mil : l'allongement de la longueur du jour a pour effet une augmentation d'un poids d'un grain.

Le mil est une plante rustique, peu exigeante du point de vue de la fertilité mais sensible au type de sol. Il préfère les sols sableux, particulièrement de type sabla-argileux, bien drainés, bien structurés pour faciliter la croissance du système racinaire.

4.2 - Le problème de la dégradation des terres.

4.2.1 - Les principales causes de baisse de la fertilité des sols.

La dégradation des ressources naturelles résulte de la combinaison de plusieurs facteurs d'ordre climatique, pédologique, humain et animal. En effet, suite aux sécheresses répétées qui ont affecté la zone depuis 1968, l'essor démographique rapide et l'introduction des cultures de rentes on remarque une baisse notable de la fertilité. Cette dégradation des terres est accentuée par la destruction du couvert végétal, l'abandon de la pratique des jachères et la mise en culture continue des parcelles. Elle est aggravée par la non restitution des exportations minérales. En plus la mauvaise interprétation de la loi foncière sur le domaine national de 1964 et l'implantation des communautés rurales en 1972 ont accéléré la mise en culture des jachères. Les paysans craignent que les terres laissées vacantes soient redistribuées à d'autres (GASTELLU, 1981).

L'élevage n'a plus son pouvoir fertilisant du fait de la rupture de l'intégration agriculture - élevage. Le terroir sylvopastoral est réduit à des lambeaux de terres le plus souvent inondé en saison des pluies ou à de petites jachères individuelles dans les terrains cultivés. Les troupeaux bovins sont obligés de transhumner dans d'autres zones pendant cette période.

Dans la zone du bassin arachidier nord, après la saison des pluies, on récolte tout, même les tiges de mil pour confectionner les habitats ou servir à l'alimentation des animaux. Les sols nus sont donc exposés à de fortes températures pouvant atteindre 40°C durant les 7 à 9 mois de la saison sèche.

Les maigres ligneux sont soumis à l'élagage et le bois qu'ils dorment avec les bouses de vache servent de combustibles.

L'effet négatif des pluies agressives est aussi un agent de la dégradation qui a pour conséquence la modification de la structure du sol, occasionnant donc des carences en éléments nutritifs, des pertes d'eau, de l'acidification des sols et des érosions hydriques.

4.2.2 ■ L'acidification des sols

L'acidification des sols est devenue un sérieux problème surtout dans les sols à structure sableuse. Elle est un processus naturel lié à la formation d'acides organiques et inorganiques par l'activité microbienne et de la perte d'ions basiques par le lessivage et les prélèvements racinaires des cations (K^+ , Ca^{++}) qui sont accompagnés d'excrétions d'acides (H^+) (BOCKMAN et al., 1990).

Le phénomène d'acidification dépend de l'espèce et du stade de développement de la plante; les légumineuses par exemple, sont particulièrement acidifiantes (BOCKMAN et al., 1990). Il est possible par l'apport des sources d'ions H^+ (certains engrais), la sécrétion d'ions H^+ par la matière organique du sol et au lessivage des ions Ca^{++} , Mg^{++} .

L'acidité du sol peut être mesurée par le pH eau (acidité actuelle) ou par le pH (KCl) pour la détermination de l'acidité potentielle qui est liée au déficit de saturation du complexe absorbant des sols par des cations alcalino-terreux (Ca^{++} , Mg^{++}).

L'acidité favorise une augmentation de la solubilité de l'aluminium et du manganèse qui sont toxiques pour les cultures (BOCKMAN et al., 1990). Ces métaux sous forme ionique peuvent endommager les racines des plantes dans les conditions de pH faible (4,5 - 5,0).

Les sols acides se caractérisent par un complexe absorbant dénaturé, carencé en calcium, en magnésium et en potassium. L'assimilabilité du molybdène et du phosphore est réduite. L'activité microbienne des sols en particulier la nitrification et la fixation symbiotique de l'azote est perturbée aussi.

Les symptômes de l'acidité chez les plantes sont très proches de ceux des carences. Les plantes en sont de petites tailles avec un système racinaire mal développé. Les feuilles sont larges avec des contours jaunes. Cependant l'acidité peut se faire sans aucun symptôme visuel sur la plante du fait d'une mauvaise activité microbienne, d'une rétrogadation des phosphates par l'aluminium et le fer, les rendant inaccessibles aux plantes (BOCKMAN et al., 1990). Elle peut être due aussi à des conditions physiques défavorables dans le sol. Par ailleurs si le pH est élevé, le fer, le manganèse, le zinc, le cuivre et le bore sont fortement fixés dans le sol (BOCKMAN et al., 1990), provoquant des carences et une réduction des rendements

Les effets des cultures répétées, le lessivage naturel et l'effet acidifiant de certains engrais minéraux à l'image des sulfates et des superphosphates constituent les causes fondamentales de la baisse de fertilité des sols.

4.3 - L'amélioration du niveau de fertilité des sols dégradés

4.3.1 - Les amendements organiques et chimiques.

La texture à dominance sableuse (sol dior) est une caractéristique de la pauvreté des sols qui ont généralement des pH de 4,5 à 5,5, des teneurs en matière organique faibles (0,4 %) et des bases échangeables : 1,7 à 2 meq / 100 g de sol mais aussi un lessivage du calcium et de l'argile à un degré moindre selon NICOU (1975).

L'augmentation de la capacité d'échange cationique (CEC) du sol et l'amélioration du pouvoir tampon se fait par des apports de matières organiques. Il est nécessaire d'apporter de la matière organique pour améliorer la productivité végétale et le maintien du stock d'azote. Cet apport réduit les effets néfastes des engrais en luttant contre l'acidification car elle peut retenir des quantités importantes de calcium (PIERI, 1986). On préconise d'apporter des amendements calcaire - magnésiens après la fumure organique pour corriger l'acidité. Pour éviter le lessivage des Ca^{++} et Mg^{++} , on améliore d'abord la structure du sol.

4.3.2 - Le rôle de la matière organique

A travers son humus et sa minéralisation, elle améliore les propriétés physique, chimique et biologique du sol. L'humus en liaison avec l'argile confère une bonne structuration des sols légers et réduit la cohésion des sols lourds et augmente la capacité de rétention de l'eau. Avec l'argile du sol, il forme le complexe argilo-humique qui a pour vocation, de réguler la nutrition et il reste une réserve et une source d'alimentation pour les plantes. Les terres humiques valorisent mieux la fumure minérale. La minéralisation de l'humus est assurée par la flore microbienne et elle est très accélérée dans nos zones avec les températures excessives.

D'après SOLTNER (1976), quel que soit son origine, l'humus formé dose 5 % d'azote alors que les matières premières dont il provient ont une richesse azotée bien différente. Cette

richesse s'exprime par le rapport C / N; plus ce est rapport élevé, plus la décomposition est lente et plus il est faible, plus la décomposition est rapide.

Selon BARRACLOUGH (1989) cité par BOCKMAN (1990), la teneur en matière organique est plus importante sur les couches superficielles que sur celles profondes. Avec un labour profond, les quantités de matières organiques sont réduites alors que la teneur en humus est augmentée.

4.4 - La fertilisation organique.

Le redressement et le maintien de la fertilité a nécessité plusieurs techniques d'utilisation et de valorisation des ressources naturelles qui restent cependant peu utilisées. Certaines d'entre elles comme la pratique de l'engrais vert avec l'enfouissement des pailles de mil ou d'une légumineuse ont été rejetées pour des raisons psychologiques des paysans.

La fabrication du compost et la technique d'enfouissement des pailles sont limitées par le manque de paille. Cette dernière technique rencontre aussi des contraintes comme le risque de phytotoxicité due aux composés phényliques contenus dans la paille de mil (ALLARD et al., 1978 cité par NDIAYE, 1997) et à des risques de faire propager des maladies parasitaires.

L'introduction de la traction bovine dans les années 1960 a favorisé des études sur le fumier qui ont connu un regain d'intérêt (DIANGAR, 1994). Les recherches effectuées aboutiront à préconiser la dose de 10 t / ha de fumier (GANRY,1974) qui était en inadéquation avec: les possibilités de fabrication du fumier en milieu paysan.

SARR (1981) montre que le mil répond bien à une application directe de fumier aux doses 1 t / ha et 3 t / ha avec des plus - values sur le poids des grains de 20 à 35 % par rapport au témoin. L'apport de faibles doses de fumier en présence de fumure minérale donne toujours des rendements supérieurs à ceux obtenus avec le fumier seul. Le fumier favorise l'augmentation des teneurs en azote, phosphore et en potassium et de certains éléments nutritifs indispensables au développement de la plante et qui sont à l'origine d'un accroissement de la densité racinaire, du nombre de talles, d'une augmentation du nombre d'épis fructifiés par poquet et d'une bonne montaison.

4.5 - La fertilisation minérale du mil.

Les paysans éprouvent d'énormes difficultés à utiliser la fumure minérale à cause du coût très élevé mais aussi de sa non disponibilité en milieu paysan.

Au lendemain des indépendances, avec l'Office national de coopération et d'assistance au développement (ONCAD), on a assisté à une consommation très importante des engrais. D'après GANRY et BADIANE (1991), la consommation est passée de 60000 t en 1961 à 85000 t en 1976 / 77 mais a connu une baisse subite avec la suppression du Programme Agricole au Sénégal. En vue d'une augmentation des rendements, la recherche a proposé une fertilisation plus satisfaisante à trois niveaux d'intensification (voir tableau 1).

Tableau 1: Fertilisation minérale du mil en fonction de 3 niveaux d'intensification

(source: CNRA • Bambey, 1990)

Système de culture	Formule	Doses (Kg / ha)
1- <u>Extensif</u> : non mécanisé; sans rotation, variétés non sélectionnées, travail léger du sol	14-7-7	150
2- <u>Semi-extensif</u> : mécanisation faible, rotations culturales, variétés améliorées, entretien de culture, brûlis ou exportation des résidus de récolte	phosphate tricalcique 10 -21-21 urée	400 150 (au moins) 100 (50 au démariage, 50 en de montaison)
3- <u>Intensif</u> : mécanisation, labour profond en fin ou début de cycle, rotations culturales, variétés améliorées, bon entretien des cultures, protection 1 phytosanitaire, enfouissement des résidus de récolte	Phosphate tricalcique 0-2 1-2 1 urée	400 150 (au moins) 150 (75 au démariage, 75 en fin de montaison)

D'après ce tableau, on remarque que seul les deux premiers niveaux sont les plus pratiqués dans le monde paysan. Cependant il faut éviter l'apport des sulfates qui sont des engrais très acidifiants.

Le programme de phosphatage de fond entamé ces dernières années par l'Etat en vue de lutter contre les carences des sols en phosphore reste limité par la non disponibilité de ces phosphates dans le monde rural.

4.6 La nutrition minérale

L'alimentation minérale et l'eau constituent les principaux facteurs limitants pour la culture du mil. L'apport des sources d'éléments nutritifs est devenu une nécessité après la suppression des jachères de longues durées. Les besoins varient en fonction des espèces et de leur stade de développement végétatif. Les éléments nutritifs les plus consommés sont l'azote, le phosphore et le potassium. On note aussi une consommation de soufre, du calcium et du magnésium.

4.6.1 - L'alimentation azotée

L'azote est un facteur primordial de la productivité. Il entre dans la composition de la plante mais son excès entraîne un retard de floraison, de la maturité et une sensibilité accrue aux maladies. En moyenne, l'humus renferme 5 % d'azote organique et par minéralisation, 1 à 2 % de cet azote donne de l'azote nitrique chaque année.

Plusieurs réactions de transformation ont eu lieu dans le sol pour favoriser leur absorption par les plantes. La réaction d'ammonisation est la première phase de minéralisation:



L'ammonium (NH_4^+) obtenu est soluble dans l'eau et très bien retenu par le complexe argilo-humique (C.A.H). Ensuite, la nitrification permet l'obtention de l'azote nitrique et les nitrates (NO_3^-) à partir de l'azote ammoniacal. Les nitrates sont très solubles dans l'eau mais ne sont pas retenus par le complexe absorbant ce qui fait qu'ils sont très lessivés.



La réaction évolue en présence de l'oxygène pour donner des nitrates.



Les nitrates sont plus accessibles aux cultures que l'ammonium.

Les besoins en azote pour le mil sont faibles au début. D'après DIANGAR (1994) la mobilisation globale de l'azote par la plante ne représente que 5 % du total de la matière sèche

fabriquée. Le mil n'a besoin que 0,8 kg d'azote / ha /jour jusqu'à 28 jas, soit au total. 22 kg d'azote. Ces besoins augmentent pendant la phase de montaison (50 kg d'azote / ha).

La capacité d'une plante à puiser les nitrates du sol est fonction de plusieurs facteurs :

- ε la durée du cycle végétatif;
- ε la densité et la profondeur du système racinaire;
- ε la disponibilité en autres éléments nutritifs (un manque de phosphore, par exemple réduit l'absorption d'azote);
- ε certaines maladies (des attaques fongiques peuvent limiter l'absorption d'azote)
- ε l'humidité sol (une sécheresse ou une humidité excessive la réduisent).

4.6.2 ▪ L'alimentation phosphatée

Le phosphore, sous la forme chimique phosphate, est un élément fondamental pour la culture.

Il est présent dans le sol sous plusieurs formes (BOCKMAN et al., 1990) :

- ε phosphate dissout dans l'eau du sol ou phosphore assimilable (ions H_2PO_4^- , HPO_4^{--} , PO_4^{---});
- ε phosphate labile adsorbé sur les particules du sol, principalement sur les argiles;
- ε phosphate non labile contenu dans les minéraux du sol et les précipités inorganiques;
- composés organiques phosphatés.

Le phosphate labile et le phosphore assimilable sont les plus accessibles à la plante. Le phosphore assimilable est important à tous les stades de la culture en dehors de la germination et favorise la croissance racinaire en profondeur, la floraison et la maturité (BOCKMAN et al., 1990). Une teneur suffisante en phosphore entraîne une bonne formation des graines.

Le phosphore entre dans la composition des protéines et permet le transport de l'énergie. L'absorption du phosphore est plus importante dans la couche superficielle. Il joue un excellent rôle sur la qualité des produits et facilite l'utilisation de l'eau et les autres éléments minéraux par la plante (BOCKMAN et al., 1990). Il confère au sol une meilleure résistance face aux érosions, entretient et développe la teneur en matière organique et favorise la rétention en eau.

4.6.3 - Alimentation potassique

Selon BOCKMAN et al., (1990), le potassium joue un rôle de premier plan dans de nombreux processus physiologiques : absorption d'eau, régulation osmotique, photosynthèse et activité enzymatique. La nutrition potassique améliore la résistance des cultures à la verse, aux maladies et à la sécheresse en agissant sur l'ouverture des stomates et en limitant ainsi la transpiration. Le potassium est faiblement stocké dans le sol sous la forme échangeable. Les pertes par lessivage ne sont pas négligeables et il y a aussi un risque de consommation de luxe, d'où la nécessité d'apport annuel de cet élément.

Il accroît la montaison du mil par l'élongation des talles, par un accroissement de la vitesse de croissance sans augmenter le cycle des cultures et la capacité de tallage (PIERI, 1979). L'absorption en potassium est régulière jusqu'au stade grain laiteux, mais les plus grandes quantités sont absorbées en début de cycle.

4.6.4 - Interaction entre les éléments nutritifs.

L'alimentation des éléments fertilisants varie en plus du stade physiologique, de la nature de l'élément. L'azote, le phosphore et le potassium ont tendance à s'accumuler dans les feuilles pendant le développement végétatif jusqu'à l'épiaison (DIANGAR, 1994). De l'épiaison à la maturité au stade laiteux, ils s'accumulent fortement dans l'épi. A cet effet le potassium se retrouve en grande quantité dans le rachis et les organes floraux. A partir de cette période jusqu'à la récolte, l'azote, le phosphore et le potassium se localisent respectivement dans les grains, le rachis et les organes floraux et dans la tige (DIANGAR, 1994).

A un certain niveau, la plante est capable de contrôler ses besoins mais on note des effets limitants certains prélèvements par exemple :

- ⚡ une forte concentration en K peut réduire l'absorption de magnésium par les cultures;
- ⚡ une forte concentration en sulfates réduit l'absorption du molybdène.

4.7 L'élevage

L'élevage connaît depuis quelques années une régression qui est liée en général à un problème de l'affouragement et au manque d'alimentation accentué par les sécheresses et les maladies. Le taux d'accroissement des bovins demeure de plus en plus faible. Le cheptel s'est accru dans des proportions moindres : 1,6 % par an sur les 25 ans pour toute l'Afrique sud saharienne

(WINROCK, 1992). La production de biomasse, les ligneux et les espaces pastoraux ont été réduits. De même, la faiblesse en valeurs nutritives des pailles de brousse ou de céréales constitue aussi un facteur limitant. En effet, ces pailles sont très lignifiées et pauvres en azote ou en phosphore. Ce qui fait qu'elles sont très peu appréciées et très peu digestibles. Ceci entraînant donc une baisse des performances de production, des états de sous nutrition et d'amaigrissement des animaux pouvant conduire à des mortalités.

C'est la raison pour laquelle l'élevage sahélien joue de moins en moins son rôle sur la fertilité des sols. Dans certaines zones, les bovins des producteurs ne restent que pour une période de 3 à 4 mois. Les parcsages et les contrats de fumier n'existent plus.

L'élevage peut intervenir à de multiples niveaux dans les systèmes de production agraires, car outre son rôle financier et social et la procuration des services, il joue aussi un rôle d'agent fertilisant des terres à travers les éléments minéraux ingérés et constitue de ce fait un agent biologique du recyclage des matières organiques. En effet, par ses excréments fécaux et urinaires le bétail sahélien retourne au sol de 35 à 55 % de la matière organique ingérée et 80 à 90 % de l'azote et du phosphore (70 % pour les femelles en lactation) et plus de 90 % des autres éléments minéraux (LANDAIS et al., 1991). Ces taux varient suivant l'espace animale et sa gestion, et en particulier avec la qualité du fourrage ingéré (POWELL et al., 1994). Il transforme les ressources végétales en d'autres produits de très grandes qualités. Les productions animales de fumier riche dépendent aussi de la qualité des aliments ingérés par les bovins..

4.8 La composition des aliments.

Une bonne alimentation des animaux nécessite la fourniture de l'ensemble des éléments nécessaires à leur entretien et à leur production, et cela, dans les conditions économiques les plus rentables. L'eau et la matière sèche constituent sa composition essentielle, cette dernière se divise elle-même en matière organique et en matière minérale.

Parmi les matières minérales l'azote et le phosphore jouent un rôle très important dans l'alimentation des animaux. En effet, l'azote est un des constituants principaux de la matière vivante. Il entre dans la composition de la quasi-totalité des tissus animaux. Il permet la

croissance, l'entretien et le fonctionnement de l'organisme. Ses carences et ses excès peuvent entraîner des effets néfastes.

La supplémentation en cet élément est faite grâce à un apport de l'urée (46 % N) à la dose de 4 kg pour 100 kg de paille à traiter. La paille ainsi obtenue est distribuée aux animaux après une journée de séchage à l'ombre. Elle a comme effet une augmentation du niveau d'ingestion moyen quotidien de la paille d'où un accroissement du gain moyen quotidien (GMQ) et permet le bon état corporel de l'animal (CISSE et al., 1998)

Le phosphore est aussi un élément très important à l'animal. Le phosphore apporté est celui de Thiès (phosphate tricalcique) et son choix par rapport au phosphate de Taïba s'explique par l'importance de son rapport phosphocalcique et de sa solubilité à l'acide citrique mais aussi la faiblesse de sa teneur en fluor (2,6 % pour le phosphate de Thiès contre 3,6 % pour le phosphate de Taïba) (FALL, 1995), (voire annexe1). La supplémentation minérale des vaches en reproduction a permis de visualiser l'importance de leur influence sur la survie et la productivité numérique des troupeaux (FALL, 1995).

La quantité de fourrage consommée par un ruminant dépend de la capacité d'ingestion de l'animal et de la qualité du fourrage, particulièrement du volume occupé par 1 kg de matière sèche de ce fourrage, caractérisé par son coefficient d'encombrement. Les tourteaux d'arachide fournissent à l'animal de l'énergie (1,18 UF), des matières azotées digestibles (45 g de MAD), de 13 g de calcium et de 66 g de phosphore pour 1kg de MS. La paille de mil quant à elle ne donne que 0,36 UF, 19 g de MAD, 55 g de calcium et 1,4 g de phosphore (BRASSEUR, 1991). Le son de mil utilisé est très riche en protéine, car il contient en plus des grains de mil écrasés.

V - LES CARACTERISTIQUES GENERALES DE LA ZONE

5.1 - Physionomie de la zone

Le village de Kane-kane est composé de quatre hameaux (Kondié qui est le chef-lieu du village, Keur Sogui, Keur Yambou et Thiokhème). Il fait partie de la communauté rurale de Touré Mbondé, sous préfecture de Ndoulo, département et région de Diourbel. Il se trouve dans la partie ouest de la communauté rurale à 10 km au Nord de Diourbel.

5.2 - Le milieu physique

5.2.1 - Le climat

Il est du type soudano-sahélien chaud et sec, largement influencé par la continentalité. Il se caractérise par l'existence de deux saisons : une courte saison des pluies de trois à quatre mois et une saison sèche assez longue. La première est marquée par des précipitations maximales en août avec 80 % des pluies concentrées sur une période de trois mois (juillet, août et septembre). On y note souvent des poches de sécheresse surtout en début de cycle et des pluies érosives à cause de leur forte intensité et le régime pluviométrique conduit parfois à un bilan hydrique des cultures souvent déficitaire. La seconde se caractérise par l'utilisation des résidus végétaux et adventices par les hommes et les animaux ou leur destruction par des feux de brousse; ce qui laisse des parcelles nues avec une végétation arborée épineuse. A ces contrastes, s'ajoute une variabilité interannuelle des précipitations, car les pluies sont mal réparties dans le temps. La pluviométrie varie de 300 à 600 mm avec un nombre de jours de pluies compris entre 20 à 55 jours. La durée moyenne de la saison des pluies ne dépasse guère 3 mois.

Les températures sont très variables au cours de l'année avec une moyenne de 30°C et les températures les plus faibles sont observées de janvier à février et les plus élevées d'avril à mai. L'humidité de l'air est très élevée (70 à 90 %) en saison des pluies et faible en saison sèche (30 à 35 %).

On note trois types de vents qui influencent le climat dans cette zone :

- l'alizé continental de direction nord-ouest, qui est permanent et qui souffle sur toute l'année, il est chaud et sec.
- l'harmattan est plus ou moins permanent, c'est un vent chaud et très sec qui provient de l'est du pays. Il transporte en suspension de fines particules de sable et de poussières.
- La mousson qui provient du sud du pays souffle de mai-juin à octobre et de caractéristique chaud et humide. Elle intervient après le passage du front intertropical (FIT).

5.2.2 - Le relief et les sols

Le relief est plat comme dans toute la région de Diourbel. On note cependant deux dépressions du Sud au Nord du village.

Dans cet endroit, trois types de sols s'y distinguent (CHARREAU et al, 1971) :

- ∞ les sols ferrugineux tropicaux non lessivés (dior), majoritaires qui sont des sols sableux (85 à 90 % de sable);
- ∞ les sols ferrugineux tropicaux lessivés ("deck dior") avec des teneurs en argile de 5 à 12 %;
- ∞ les sols bruns hydromorphes ("deck") moins nombreux sont rencontrés dans la vallée morte de Sine ou dans les mares d'eau.

Ces sols se caractérisent en général par une faible capacité de rétention en eau, des réserves en eau utile par mètre de sol sont de 70 mm sur un sol "dior" et de 120 mm sur un sol "dek". Ils ont une faible capacité d'échange et d'absorption et une teneur en matière organique inférieure à 1% (DIANGAR, 1994).

5.2.3 - La végétation

Le paysage végétal de la région de Diourbel varie considérablement d'année en année en fonction du gradient de la pluviométrie (300 à 600 mm). La végétation, très pauvre, est de type de la savane combrétacée avec une progression vers le type steppique épineux. Les quelques espèces ligneuses les plus représentatives sont *Balanites aegyptiaca* (sump), *Faidherbia albida* (kad), *Adansonia digitata* (gouye). On note aussi quelques rares espèces comme *Diopyros mespiliformis* (Alome), *Ziziphys mauritania* (Sidem), *Anogiessus leiocarpus* (Nguédiane), *Tamarindus indica* (Dakhar), *Combretum micranthum* (Sekhaw), *Guiera senegalensis*...Etc. Sur les terrains de culture, les agriculteurs conservent généralement des essences fertilisantes comme *Faidherbia albida*.

5.2.4 - Les activités socio-économiques

Le village est composé de 38 ménages dans ces différents quartiers. Les populations sont des agropasteurs séreers qui pratiquent outre les activités agricole et élevage, du petit commerce surtout les femmes. L'embouche bovine et ovine est une activité de contre saison assez importante.

VI - MATERIEL ET METHODE

L'ISRA, en collaboration avec les paysans de la zone, mène des essais sur l'amélioration de la fertilité des sols. Les rations de composés azotés et phosphatés sont administrées à des animaux en vue de valoriser les fourrages qui sont de nature pauvre. En combinant la supplémentation et la protection sanitaire des bovins, on peut accroître ainsi les performances de production (lait, viande, fumier, etc).

L'étude porte sur l'effet des différents types de fumiers obtenus sur la productivité du mil. Elle permettra d'identifier le meilleur aliment et par là le meilleur fumier.

6.1 - Site d'implantation

Le choix du village de Kane-kane s'explique par le fait que le projet International Livestock Research Institute (ILRI) en partenariat avec l'ISRA, travaille avec le projet agroforestier (FIDA) qui intervient dans la région de Diourbel à cause du deuxième rang qu'elle occupe sur le plan de la dégradation des sols et de la disparition des ligneux. Après plusieurs études et des méthodes actives de recherche participative (MARF), ce village est choisi pour la présence d'une forte intégration entre l'agriculture et l'élevage.

6.2 - Matériel végétal

Le matériel utilisé est la variété de mil souana III, qui est une variété synthétique composée de 8 lignées tirées entre autres des populations PC 28 et PC 32. Son cycle végétatif est de 90 jours. Il a un épi lourd, de 52 cm de long et une tige de hauteur moyenne de 242 cm. Le poids des 1000 grains est de 7,8 g à 8 g.

6.3 - Le fertilisant (le fumier)

Le fumier est produit par les bovins des producteurs. La production du fumier, dirigée par le service d'alimentation de LNERV est basée sur l'utilisation de 4 lots de 15 bovins chacun :

- « Lot 1: Témoin pratique paysanne, pâturages naturels
- « Lot 2: Supplémentation avec de l'azote (paille traitée à l'urée (4 %) + 1 kg de tourteaux d'arachide + 800 g de son de mil
- « Lot 3: Supplémentation avec du phosphore (75 g de phosphate de Thiès dans 30 l d'eau)

« Lot 4: Supplémentation avec N + P à savoir la combinaison des lots 2 et 3

Chaque paysan concerné donne une supplémentation bien préparée par les techniciens d'élevage. Les animaux sont identifiés par des numéros distincts et produisent des fumiers distincts. Le fumier est récupéré chaque matin par bovin et ensuite séché pendant 3 jours avant d'être mis dans des sacs. La production de fumier varie en fonction de la ration alimentaire, de la taille, l'âge et l'état de santé des animaux. Elle varie de 1,5 kg pour les veaux à 8 kg de fumier /jour pour les adultes.

6.4 - Dispositif expérimental

C'est un dispositif en blocs complets randomisés avec trois répétitions ou des fois deux et cinq traitements correspondant à 4 types de fumiers différents et un témoin absolu; soient 15 parcelles élémentaires. Les traitements appliqués sont les suivants :

- « T1 = Témoin absolu (sans fumier)
- « T2 = Fumier classique produit sous pâturage naturel (l'alimentation de l'animal se limite seulement à ce qu'il trouve dans la brousse)
- « T3 = fumier produit par les animaux en pâturage naturel avec une supplémentation le soir de 75 g de phosphate tricalcique de Thiès dans 30 l d'eau par jour.
- T4 = Fumier produit par les animaux en pâturage naturel supplémentés avec 500 g de paille de mil traitée à l'urée 4 % + 1 kg de tourteau d'arachide + 800 g de son de mil très riche en protéine par jour.
- « T5 = Fumier produit par les animaux en pâturage naturel supplémentés avec 75 g de phosphate tricalcique de Thiès dans 30 l d'eau + 500 g de paille de mil traitée à l'urée (4 %) + 1 kg de tourteau d'arachide + 800 g de son mil par jour.

Le fumier est épandu en sec en surface et à la dose 4 t / ha, soit 45,36 kg / traitement. Les dimensions de chaque parcelle sont de 9 m de large et 12,6 m de long. Les parcelles sont séparées par des allées de 1 m et les blocs sont séparés par des allées de 2 m. Chaque parcelle comprend 11 lignes de 12,6 m de long de 15 poquets chacune avec des écartements de 0,90 m entre les lignes et 0,90 m entre les poquets sur la ligne. On a 12 paysans dans ces 4 hameaux. Parmi eux, 8 ont chacun les 15 parcelles élémentaires et les 4 restants en ont chacun 10 à cause de l'étroitesse de leurs champs.

6.5 - La conduite de la culture

La mise en place des essais a nécessité certains travaux préliminaires. Ils vont du choix, de la préparation du terrain à l'implantation complète des cultures et la récolte.

6.5.1 - Choix du terrain

Le choix des parcelles a été exclusivement réalisé par les paysans avec la participation de l'ISRA. Les essais sont mis en place à l'intérieur même des champs des paysans. Les terrains ayant les plus faibles niveaux de fertilité ont été choisis. On a évité le maximum possible un effet éventuel extérieur sur les parcelles par exemple la présence des arbres à l'intérieur des traitements. Ces essais ont tous comme précédents culturaux de l'arachide à l'exception des parcelles des paysans 9 et 11 qui ont le mil comme précédent cultural. Il n'y a pas eu de préparation du sol.

6.5.2 - Les principales opérations culturales

L'épandage de fumier est fait en surface après le piquetage et avant le semis. Il a été effectué à la main en sec en commençant par les bordures de la parcelle et de progresser vers l'intérieur. Le semis est effectué à sec après le rayonnage qui facilite les observations en cours de végétation et les travaux d'entretien. L'entretien des parcelles incombe aux paysans eux-mêmes. Les binages et les sarclo - binages sont effectués à la demande de manière à maintenir les parcelles propres. La récolte permettant l'évaluation des rendements est faite à la maturité complète. Elle concerne les 5 lignes centrales avec 9 poquets chacune de chaque parcelle. On élimine 3 lignes de chaque côté et 3 poquets à l'extrémité de chaque ligne, soit au total un carré de 45 poquets sur une surface de 36,45 m² (Annexe 3).

Le calendrier de l'ensemble des opérations menées sur les essais est indiqué dans le tableau 2.

Tableau 2 : Dates des différentes opérations

Opérations Paysan	Piqueta ge	Epanda ge de fumier	Rayon nage et semis	1 ^{ère} binage	2 ^{ème} binage	3 ^{ème} binage	Démaria ge et sarclage	Récolte
1	12 / 06	23 / 06	28 / 06	15 / 07	12 / 08	/	28 / 07	04 / 10
2	12 / 06	23 / 06	28 / 06	16 / 07	05 / 08	16 / 08	09 / 08	02 / 10
3	12 / 06	23 / 06	28 / 06	15 / 07	30 / 07	14 / 08	01 / 08	08 / 10
4	12 / 06	23 / 06	28 / 06	17 / 07	30 / 07	16 / 08	01 / 08	05 / 10
5	22 / 06	23 / 06	28 / 06	14 / 07	02 / 08	19 / 08	26 / 07	03 / 10
6	22 / 06	23 / 06	28 / 06	15 / 07	08 / 08	/	27 / 07	01 / 10
7	21 / 06	27 / 06	28 / 06	15 / 07	28 / 07	18 / 08	29 / 07	08 / 09
8	21 / 06	27 / 06	28 / 06	14 / 07	30 / 07	16 / 08	02 / 08	30 / 09
9	21 / 06	30 / 06	01 / 07	15 / 07	29 / 07	20 / 08	01 / 08	13 / 10
10	21 / 06	29 / 06	01 / 07	16 / 07	03 / 08	19 / 08	03 / 08	11 / 10
11	20 / 06	29 / 06	29 / 06	14 / 07	28 / 07	14 / 08	28 / 07	12 / 10
12	20 / 06	28 / 06	29 / 06	14 / 07	27 / 07	15 / 08	29 / 07	12 / 10

les paysans 1 et 6 n'ont pas pu effectuer le 3^{ème} b age

6.6 - Observations et mesures

Elles sont axées principalement sur l'état phytosanitaire de la culture, le suivi des différents stades végétatifs, des paramètres de rendement et sur la caractérisation initiale et finale du sol des différentes parcelles.

6.6.1 - Prélèvements de sols

Pour une bonne caractérisation des terrains, des prélèvements de sols ont été effectués en début avec une tarière, avant les apports de fumier et à la fin de la récolte, les prélèvements sont effectués dans l'horizon 0-20 cm. Faute de moyen financier, l'horizon 20-40 cm initialement prévue n'a pas été prélevée. Le mode de prélèvement utilisé est le suivant :

- pour les paysans ayant 2 répétitions, les prélèvements ont été faits au milieu de chaque traitement,
- pour ceux ayant 3 répétitions, ils ont été effectués par la méthode des diagonales et des médianes c'est à dire on crée un losange à l'intérieur de la surface devant abriter les traitements et les sommets du losange et des diagonales du champ et les points d'intersection de ces diagonales et des côtés du losange ainsi que le point central ont été prélevés (Annexe 2), soit au total 13 points de prélèvements de sol au niveau de chaque champ des paysans avec 15 traitements.

6.6.2 - Observations

6.6.2.1 - *Striga hermonthica*

Le *Striga hermonthica* est un parasite épirhize du mil qui peut être holoparasite pendant la phase souterraine et hémiparasite à la levée. L'émergence extraordinaire du *Striga* dans cette zone a nécessité certaines observations. Ainsi pour l'évaluation des dégâts, on a effectué le comptage du nombre de *Striga* émergeant sur un carré de 4 m² choisi au hasard dans chaque traitement au niveau du carré de rendement et de celui des poquets présentant les symptômes. L'objectif est de connaître l'incidence de *Striga* qui est définie par la formule suivante :

$$\text{Incidence I (\%)} = \frac{\text{Nombre de plantes malades}}{\text{Nombre total de plantes observées}} \times 100$$

6.6.2.2 - Mildiou (*Sclerospora graminicola*)

Cette maladie est caractérisée par des plages chlorotiques sur les feuilles, un dessèchement et une nécrose des feuilles, des épis en virescence et rabougrissement avec des fois un tallage important. La maladie du mildiou est la deuxième principale attaque de nos parcelles après celle du *Striga*. L'infection a lieu sur les jeunes plantules au cours des phases de tallage et de montaison avec des risques de contamination pendant tout le cycle végétatif, réduisant ainsi le nombre de plants dans un poquet. L'évaluation de l'incidence a été calculée et la sévérité déterminée en utilisant l'échelle suivante :

⇒ 1 = Poquet sans symptômes

⇒ 2 = Talles aériennes qui sont seulement attaquées dans un poquet

⇒ 3 = Talles basales attaquées dans un poquet dans la proportion inférieure ou égale à 50 %

⇒ 4 = Talles basales attaquées dans un poquet dans la proportion supérieure ou égale à 50 %

⇒ 5 = Toutes les talles sont attaquées ou poquet complètement détruit.

Le calcul de l'incidence I (%) et la sévérité S (%) s'effectue comme suit:

$$I(\%) = \frac{\text{Nombre de poquets attaqués}}{\text{Nombre de poquets présents}} \times 100$$

$$s(\%) = \frac{\sum^5 (X_i - 1) n_i}{[E(X_i) - 1] \times N} \times 100$$

S(%) désigne la sévérité moyenne dans les parcelles

X_i : désigne les catégories de l'échelle de notation: $X_i = 1, 2, 3, 4, 5$ dans le cas du mildiou

$E(X_i)$: désigne l'étendue de l'échelle soit 5 pour le mildiou

n_i : désigne l'effectif de la catégorie ou nombre de plantes de la même catégorie

N : désigne le nombre total de poquets

6.6.2.3 ▪ Chenilles et autres attaques

En ce qui concerne les chenilles, les cantharides et le charbon, leur incidence et leur sévérité n'ont pas été évaluées du fait des dégâts minimes qu'ils ont occasionnés.

6.6.3 ▪ Mesures et analyses effectuées

Elles concernent essentiellement les composantes du rendement. La détermination de la densité de levée et de récolte a nécessité un comptage de nombre de poquets présents. De même les comptages des nombres de talles fertiles et totales et le nombre d'épis récoltés ont été faits. L'évaluation du rendement proprement dite a été faite par la pesée des tiges et des grains. Le suivi agronomique a permis de déterminer les principales dates (début et 50 %) de floraison et d'épiaison ainsi que la date de maturité physiologique pour les différents traitements .

Les analyses des échantillons de sol prélevés sont effectués au laboratoire de CNRA de Bambey et ont porté essentiellement sur le pH (eau, KCl), le P total, le P assimilable, les teneurs en carbone et en azote total, les bases échangeables et la granulométrie complète.

En vue de disposer une caractérisation chimique du fumier, des échantillons par lot ont également été constitués et analysés au Laboratoire National d'Elevage et de la Recherche Vétérinaire (LNERV) de Dakar.

Des analyses chimiques d'échantillons de grains et de tiges de mil ont été également envisagées mais les résultats ne sont pas encore disponibles.

L'analyse de variance à l'aide du logiciel MSTAT a permis de comparer les effets des différents traitements étudiés et les différences entre les paysans eux-mêmes et une comparaison des moyennes est faite par le test de Newman et Keuls

L'incidence I (%) et la sévérité S (%) étant exprimées en pourcentage avec des valeurs comprises entre 0 et 100 %, une transformation en arcsinus a été faite afin de procéder à une analyse de variance des données et à une comparaison des moyennes.

VII - RESULTATS ET DISCUSSIONS

7.1 - La pluviométrie de l'hivernage 2000

Les hauteurs d'eau tombées au niveau du département de Diourbel sont représentées dans la figure 1 suivante:

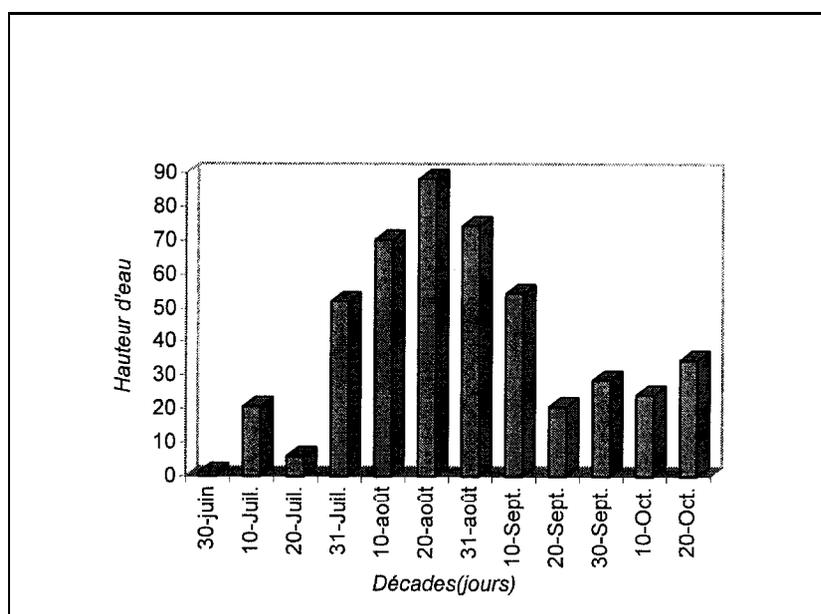


Figure 1 : Pluviométrie décadaire de la zone d'étude

Les premières pluies précoces ont été enregistrées à la première décade du mois de juillet (le 6 juillet avec 8,5 mm) et les semis de mil effectués à sec ont pu bénéficier de cette pluie. Les plantes ont levé au début de la deuxième décade de juillet. La situation a été favorable durant toute la durée de la saison des pluies avec une assez bonne répartition des pluies dans le temps et dans l'espace sur toute la zone; ce qui a permis à toutes les espèces cultivées de boucler leurs cycles normaux. Mais l'arrêt tardif des pluies au mois d'octobre a failli entraîner des dégâts importants sur les récoltes notamment les risques de regermination et de pourriture. Le déroulement de l'hivernage 2000 laisse augurer des rendements très variables suivant les différents paysans à cause de la forte incidence du Striga et du mildiou. En

comparaison le cumul pluviométrique de cet hivernage (475,6 mm en 52 jours) accuse un déficit par rapport à l'année 1999 (645,0 mm en 54 jours) et de la moyenne de la période de 1961 à 1980 mais excédentaire par rapport à la moyenne (455 mm en 42 jours) des dix dernières années dans le département. Ce qui nous permet d'espérer de plus en plus à un retour à la normale.

7.2 - Analyse des sols

Les résultats d'analyses ne sont pas encore disponibles. A titre d'exemple, nous donnons les caractéristiques physico-chimiques d'un sol ferrugineux tropical peu lessivé qui est le type de sol dominant dans la zone d'étude (Annexe 7). L'examen du tableau de Nicou et Charreau (1975) de la granulométrie permet de distinguer deux types de sol: les sols sableux avec 75 à 95 % de sable et les sols argileux avec une teneur d'argile de 8 à 15 %. Ces sols ont une faible teneur en matière organique : (4 %) pour les sols "dior" et 4 à 5 % pour les sols "dek". Le pH eau est acide et reste comprise entre 4,5 à 5,5 pour les sols sableux et 5,3 à 5,9 pour les sols argileux. Les ions échangeables sont un peu plus nombreux dans l'horizon O-10 cm et demeurent faibles (0,04 à 0,45 meq / 100 g de sol). La densité réelle varie suivant la teneur en argile de 2,60 à 2,65 et la capacité de rétention pour l'eau des sols étudiés est faible, sa moyenne varie de 6 % à 7 % d'humidité pondérale pour les sols "dior", de 9 % pour les sols "dek". Les points de flétrissement se situent aux-environs de 2 % d'humidité pondérale pour les sols "dior" et de 3 % pour les sols "dek". La teneur en carbone est plus élevée en surface (2,9 ‰ pour l'horizon 0 -10 cm des sols "dior" et de 2,11 ‰ pour les sols "dek").

7.3 - Analyse des fumiers

L'analyse des fumiers permet une caractérisation de ceux-ci avant leur épandage dans les parcelles. Les résultats d'analyse chimique sont indiqués dans l'annexe 8. Les teneurs en éléments fertilisants de ces fumiers à travers les deux dates de prélèvements (30-3 / 3 / 2000 et 10 / 6 / 2000) effectuées sur les 4 lots ont permis de faire une comparaison sur les différents types de traitements (figure 3, 4 et 5). Le traitement 1 (T1) représente le témoin et est sans fumier.

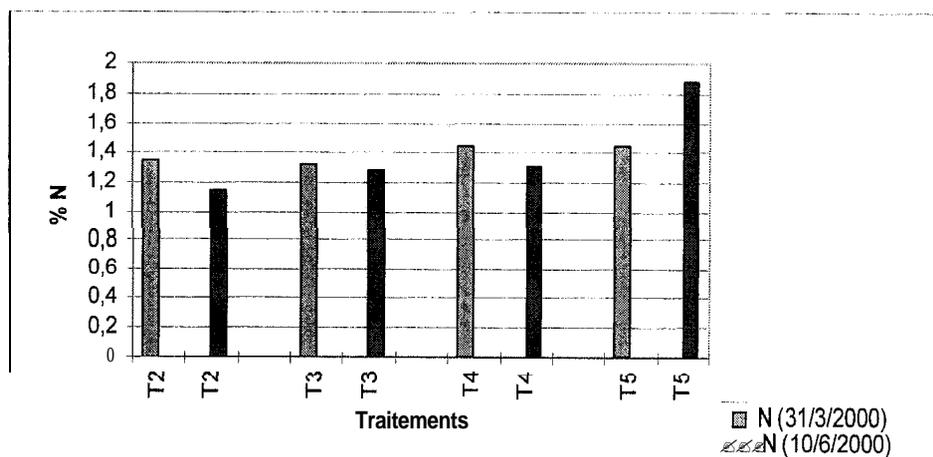


Figure 3 : Les teneurs en azote en fonction des traitements.

Les teneurs en azote sont plus importantes dans les traitements T4 et surtout T5 et cela est principalement due à la supplémentation azotée apportée aux animaux. Par contre les T2 et T3 sont à teneurs presque égales, car le fumier est issu des bovins n'ayant pas reçu aucune supplémentation en cet élément. On remarque toujours la teneur, la plus importante en azote sur l'analyse du premier prélèvement sauf au niveau du lot 4 qui constitue le traitement 5. Ceci pourrait être dû à la diminution de la valeur initiale des pâturages, aux phénomènes de blocages et de compatibilité. Les quantités d'azotes sont croissantes du T2 à T5.

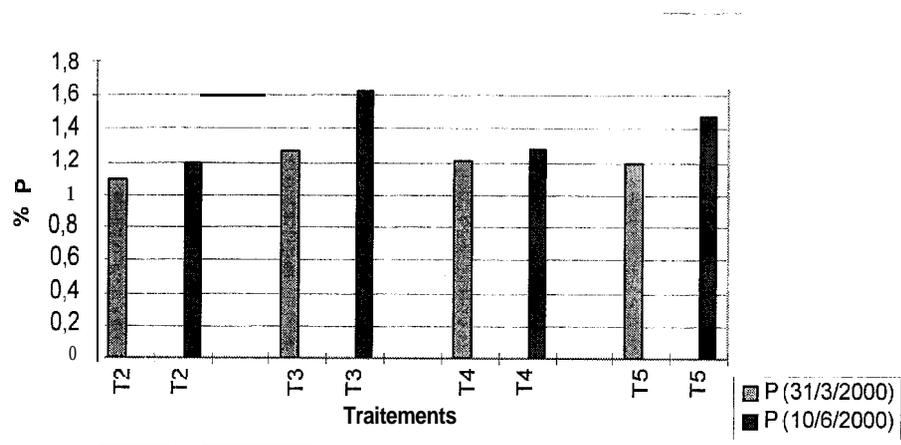


Figure 4: Les teneurs en phosphore en fonction des traitements

Le traitement 3 (T3) est plus riche en phosphore que les autres traitements ensuite vient T5. Ces deux traitements ont bénéficié du fumier provenant des lots d'animaux rationnés en phosphore. Les deux autres lots (T4 et T2) restent presque identiques. On remarque en outre une évolution de la richesse du fumier en phosphore produit au cours du temps

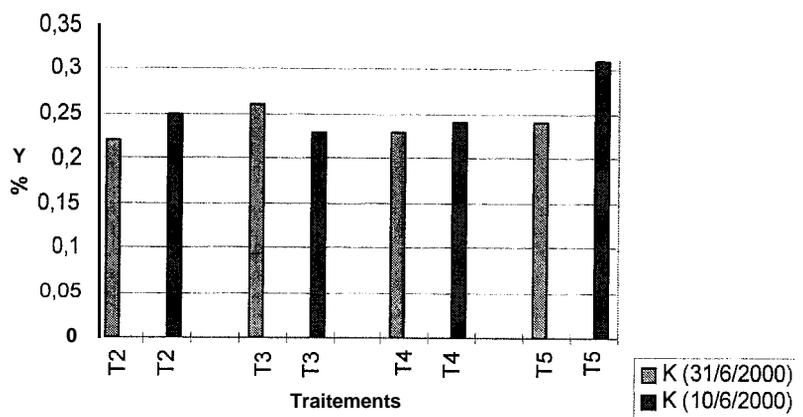


Figure 5 : Les teneurs en potassium en fonction des traitements.

La plus importante quantité de potassium se retrouve en T5. Les animaux ayant reçus une ration alimentaire à la fois riche en azote et en phosphore produisent plus de potassium que ceux rationnés seulement en phosphore ou en azote. On observe pour ce qui est du lot 2 (T3), une production décroissante en potassium au cours du temps de rationnement, alors qu'elle est croissante pour les autres. Ce qui montre l'intérêt d'une ration alimentaire bien équilibrée afin d'éviter un certain blocage ou d'effets antagonistes. Dans l'hypothèse que les éléments contenus dans les différents fumiers sont directement accessibles au mil on peut estimer les quantités d'éléments fertilisants (N, P₂O₅ et K₂O) apportés par l'application de 4 tonnes de matières sèches à l'hectare (tableau 13).

Tableau 3 : Les quantités des éléments fertilisants apportées sur les parcelles

Traitements	N (kg / ha)	P ₂ O ₅ (kg / ha)	K ₂ O (kg / ha)
T2 (lot 1)	50,0	105,34	11,34
T3 (lot 2)	52,4	132,82	11,82
T4 (lot 3)	55,2	114,50	11,34
T5 (lot 4)	66,4	122,70	13,27

On remarque, d'une part que les quantités d'azote apportées par les différents types de fumiers dans les parcelles n'arrivent pas à satisfaire totalement les besoins du mil évoqués dans le chapitre 4.6.1 (Alimentation azotée) et d'autre part les exportations moyennes du mil en K₂O qui sont de l'ordre de 55-90 kg / ha (GRANES, 1993) ne sont pas aussi satisfaites. Par contre, les besoins en phosphore du mil pourront être satisfaits surtout avec le T3 mais il reste à

savoir si la dose ainsi apportée pouvait corriger la carence initiale de cet élément au niveau des sols de la zone avant d'atteindre les besoins de la plante. Cela dépend donc du niveau de dégradation de la parcelle ainsi utilisée. On remarque aussi que les quantités d'éléments fertilisants apportées par ces fumiers varient très faiblement. Seul le fumier du lot 4 (T5) est très différent des autres en ce qui concerne l'azote et le potassium, de même celui du lot 2 (T3) est différent des autres pour le phosphore.

Les rendements du mil à obtenir seront déterminés par les déficits en azote et en potassium. Ce qui montre l'intérêt d'apporter le fumier du T5 qui génère plus de ces deux éléments et a une quantité comparable de phosphore à celui du T3.

Le fumier provenant du lot 3 (T4) est plus riche en éléments azotés et en matières organiques.

7.4 - Infestation de Striga

L'analyse des données recueillies sur l'évaluation de l'incidence du Striga et le nombre de plants de Striga au 4 m² ne révèle pas de différences significatives entre les traitements (tableau 3).

Tableau 4 : Incidence et nombre moyen de plants de Striga sur le mil en fonction des traitements.

Traitements	Incidence des symptômes	Nombre moyen de plants de Striga (4 m ²)
T1	29,532 a	79,917 a
T2	28,410 a	98,944 a
T3	23,976 a	96,111 a
T4	25,861 a	98,194 a
T5	27,311 a	75,583 a
Moyenne	27,018	89,750
C.V (%)	33,150	82,020

Les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes par le test de classement de Newman et Keuls au seuil de $\alpha=0.05$

Ces résultats indiquent que le niveau d'infestation du Striga est le même quel que soit le traitement appliqué. Le fumier n'a pas d'effet significatif sur la multiplication des symptômes de Striga et sur son émergence, il ne peut pas éliminer l'infestation du Striga, il pourrait cependant, en fortifiant l'hôte retarder la manifestation du Striga.

Par contre, l'infestation des parcelles par le Striga varie dans les parcelles des paysans.

Tableau 5 : Incidence des plantes de Striga sur le mil en fonction de la diversité des parcelles paysannes.

N° paysan	Incidence I (%)
1	28,724 c
2	48,649 a
3	47,039 a
4	39,856 b
5	14,461 de
6	21,598 d
7	36,925 b
8	33,533 bc
9	12,321 e
10	4,547 f
11	16,094 de
12	20,467 de
Moyenne	27.018
C.V (%)	33,150

Les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes par le test de classement de Newman et Keuls au seuil de $\alpha=0.05$

Il existe donc des différences très significatives entre les parcelles paysannes en ce qui concerne l'infestation du Striga car certaines parcelles dans cette zone sont fortement infestées. L'infestation est très élevée surtout pour les paysans 2, 3 et 7 et les champs les moins infestés sont ceux des paysans 5, 9 et 10 (figure 3). Cette incidence pourrait affecter le rendement du mil et son alimentation en éléments nutritifs et entraîner une baisse des rendements sur ces parcelles.

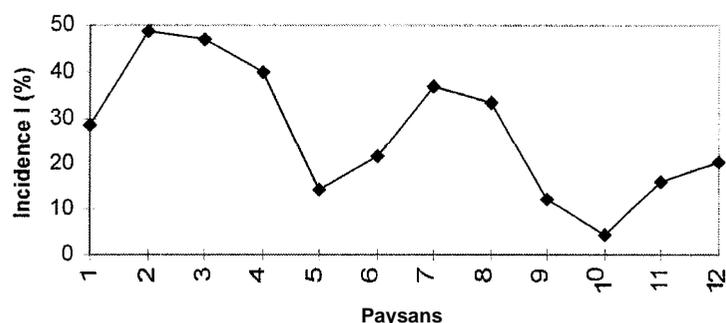


Figure 4 : Incidence des symptômes de Striga sur le mil des parcelles paysannes

7.5 - Infestation du mildiou

L'analyse des résultats ne montre pas de différence significative entre les traitements (tableau 6).

Tableau 6 : Incidence et Sévérité du mildiou sur le mil en fonction des traitements

Traitements	Incidence (%)	Sévérité (%)
T1	4,880 a	2,926 a
T2	5,136 a	3,096 a
T3	4,905 a	2,973 a
T4	4,952 a	3,015 a
T5	4,912 a	3,100 a
Moyenne	4,957	3,021
C.V (%)	29.960	33.320

Les moyennes affectées de même lettre ne sont pas significativement différentes par le test de classement de Newman et Keuls au seuil $\alpha=0.05$

Le fumier est sans effet sur l'apparition de cette terrible maladie qui entraîne des dégâts importants sur le rendement du mil en réduisant le nombre de plantes fertiles. On a observé parfois une destruction complète du poquet, une attaque d'une talle secondaire ou bien de quelques plants dans un poquet et on a même noté au niveau des parcelles qui sont les plus riches en éléments nutritifs une forte attaque du mildiou. C'est le cas des parcelles qui se trouvent dans les champs de case en l'occurrence celles du paysan 11. Au niveau paysan, on note des différences significatives pour l'infection du mildiou (tableau 7).

Tableau 7 : Incidence et Sévérité du mildiou sur le mil en fonction de la diversité des parcelles paysannes.

N° paysans	Incidence I (%)	Sévérité S (%)
1	5,095 bcde	2,961 cd
2	3,651 ef	2,205 de
3	6,491 b	4,103 b
4	4,997 cde	3,036 cd
5	5,760 bc	3,513 bc
6	5,419 bcd	3,111 cd
7	5,361 bcd	3,265 bcd
8	4,623 cde	2,648 cde
9	3,528 ef	2,211 de
10	3,975 def	2,250 de
11	7,893 a	5,373 a
12	2,693 f	1,642 e
Moyenne	4,957	3,021
C.V (%)	29,960	33,320

Les moyennes affectées par la même lettre ne sont pas significativement différentes par le test de classement Newman et Keuls au seuil $\alpha=0.05$

Chez certains paysans l'attaque est plus forte que chez d'autres. On doit remarquer que le souna 3 n'est pas une variété résistante au mildiou et qu'il peut renfermer le mycélium du champignon responsable de cette maladie. Le mildiou est causé par un champignon qui produit beaucoup d'oospores sur les tissus contaminés (100 à 150 " oeufs " / mm² de feuille parasitée). La transmission de la maladie peut se faire donc par la semence, par le repiquage des plantes attaquées et par le sol souillé. Les oospores peuvent survivre dans le sol pendant une durée de 5 ans. Cette durée pourrait être réduite à 17 mois si elles sont conservées dans un sol sec et le mycélium peut se trouver dans les graines. Pour cette raison, les parcelles peuvent présenter des niveaux d'attaques différents. Ainsi les parcelles qui présentent les incidences et les sévérités les plus fortes pourraient être les plus souillées et donner des rendements réduits dans les traitements touchés.

7.6 - Les chenilles

En début de cycle (levée) on a noté la présence de quelques chenilles de petites formes et de couleur jaunâtre qui attaquaient le mil au collet. L'attaque a été plus importante dans certaines parcelles comme celles de Modou Kane (paysan n°5); elle a réduit le nombre de plants par poquet et des fois même détruit certains poquets. La phase de montaison a été

marquée par la présence de *Lema sp* et de *Pelopedius mathias* (un ver long environ 2 cm et de couleur verte). Ces deux vers occasionnent des lésions au niveau du limbe de la feuille et créent des parties transparentes après leur passage en réduisant l'activité photosynthétique des feuilles. Presque 30 à 50 % des plants de toutes les parcelles ont été attaqués mais avec les pluies ces chenilles avaient disparu. Il y a aussi une attaque de Raghava (chenille mineuse) avec près de 5 % des épis attaqués pour certaines parcelles. On a observé des cantharides surtout sur les parcelles à floraison tardive c'est-à-dire qui sont sur des sols de type "dek". Ce retard de floraison avec les pluies a occasionné de l'Ergot (*Claviceps fusiformis* Loveless).

7.7 - Composantes du rendement

7.7.1 - Nombre de poquets levés

L'analyse de variance effectuée sur le comptage des nombres de poquets levés à 15 j as montre qu'il n'y a pas de différence significative entre les traitements. En condition optimale, la levée a lieu 3 à 5 jours après semis. Pendant ce temps, la faible réserve du grain assure les besoins de la germination. La plantule du mil devient aussitôt dépendante du milieu des l'apparition de la première feuille. C'est seulement en ce moment que peut intervenir le rôle du fumier. 11 permet surtout le développement et la croissance des plantes. C'est plutôt l'eau et la température qui influent sur la germination et la levée; raison pour laquelle on n'a pas noté une différence significative entre les traitements. Par contre, des différences significatives ont été notées entre les parcelles paysannes. Ces différences de levée observées (tableau 8) pourraient être liées aux conditions de cultures différentes (pluviométrie et opérations culturales).

Tableau 8 : Densité de levée au niveau des parcelles des paysans.

N° paysans	Nombre moyen de poquets / ha
1	13339,241 bc
2	12028,218 e
3	10499,735 f
4	13715,432 ab
5	12868,871 cd
6	14185,802 a
7	12686,684 d
8	14097,619 a
9	13633,156 ab
10	14191,622 a
11	12098,765 e
12	13674,338 ab
Moyenne	13084,920
c. v (%)	5,380

Les moyennes affectées par la même lettre ne sont pas significativement différentes par le test de classement Newman et Keuls au seuil $\alpha=0.05$

La mauvaise levée pourrait s'expliquer par le fait que, d'une part la pluie de semis a été un peu faible (8.5 mm) et elle a été suivie d'une poche de sécheresse d'une semaine d'environ, d'autre part le semis a été manuel avec des risques de sauter des poquets comme c'est le cas du paysan 8 où une ligne entière a été oubliée et la profondeur de semis n'est peut-être pas toujours respectée. La levée a été très variable suivant les paysans : les parcelles des paysans 6, 8, 10 avaient les plus fortes levées et les plus faibles levées ont été observées chez le 2, 3 et 11.

7.7.2 - Nombre de talles

L'analyse du nombre total de talles par poquet et de talles fertiles montre des différences significatives entre les parcelles paysannes et entre les différents types de fumiers. Le nombre de talles le plus élevé se retrouve dans les traitements avec azote et phosphore, ou les traitements T5 et T4 (tableau 9). En effet l'azote favorise le tallage et le phosphore la maturité des plantes. Les champs des paysans 6 et 1 ont donné les plus grands nombres de talles et la différence de tallage observée au niveau des paysans peut s'expliquer par le fait que ceux-ci ont effectué leur démariage plus tôt que les autres (tableau 10).

Tableau 9 : Nombre moyen de talles et nombre moyen de talles fertiles par poquet (3 plantes) en fonction des traitements

Traitements	Nombre moyen de talles / poquet	Nombre moyen de talles fertiles / poquet
T1	10,333 b	3,000 c
T2	10,889 ab	3,444 b
T3	10,972 ab	4,000 a
T4	11,194 a	4,083 a
T5	11,389 a	4,028 a
Moyenne	10,956	3,711
c.v (%)	12,050	17,990

Les moyennes affectées par la même lettre ne sont pas significativement différentes par le test de classement de Newman et Keuls au seuil de $\alpha=0.05$

Tableau 10 : Nombre moyen de talles et nombre moyen de talles fertiles par poquet (3 plantes) en fonction de la diversité des parcelles paysannes

N° paysans	Nombre moyen de talles / poquet	Nombre moyen de talles fertiles / poquet
1	11,800 b	3,867 bc
2	9,067 d	2,933 d
3	11,200 bc	4,067 b
4	10,600 bc	3,267 cd
5	10,867 bc	3,467 bcd
6	13,467 a	4,800 a
7	10,533 bc	3,467 bcd
8	11,800 b	3,867 bc
9	10,267 bc	3,600 bcd
10	9,933 cd	3,200 cd
11	10,800 bc	3,800 bc
12	11,133 bc	4,200 b
Moyenne	10,956	3,711
c.v (%)	12,050	17,990

Les moyennes affectées par la même lettre ne sont pas significativement différentes par le test de classement de Newman et Keuls au seuil de $\alpha=0.05$

7.7.3 ■ Nombre de pieds présents à la récolte et nombre de pieds récoltés

Les résultats de ces deux paramètres de rendement sont indiqués dans le tableau 11.

Dans les parcelles, le nombre de poquets présents à la récolte et de celui des poquets récoltés, n'ont pas subi une influence des différents types de fumiers. Par contre, un effet significatif apparaît entre les moyennes au niveau des paysans pour les deux paramètres. Le fumier n'a pas contribué totalement à l'augmentation effective des nombres de pieds présents ou récoltés. Ces derniers dépendent surtout de la densité à la levée, de l'incidence des attaques et de la pratique culturale, car à certains stades de la culture, les binages avec l'attelage peut réduire

certaines plantules. La nature de la parcelle pourrait influencer aussi sur ces paramètres : un traitement peut se trouver dans une partie dure du sol par exemple les termitières comme c'est le cas de certaines parcelles ou se trouver sur une pente.

7.7.4 - Nombre d'épis récoltés

Le nombre d'épis récoltés n'a pas été très variable d'un traitement à un autre (tableau 11). Le fumier n'a pas joué un rôle intéressant sur le nombre d'épis qui sont récoltés, car l'analyse de variance ne montre pas d'effet significatif. Ce paramètre de rendement est lié au nombre de poquets présents ou récoltés. En effet, quel que soit le type de traitement, l'augmentation de la densité à la récolte ou à la levée entraînera celle du nombre d'épis. Les deux phénomènes n'agissent que par stimulation de l'accroissement des talles fertiles et infertiles. Par contre, le nombre d'épis varie d'un paysan à un autre.

7.7.5 - Poids des épis

On observe des différences significatives, entre les traitements et entre les paysans (tableau 11 et 12). On observe un effet traitement significatif même s'il n'y a pas de différence significative pour le nombre d'épis récoltés. Cette situation s'explique par l'augmentation du poids d'un épi d'un traitement à un autre, celui-ci est plus important dans les parcelles ayant reçues de fumier comme fertilisant. Le poids des épis des parcelles paysannes ayant reçues le fumier provenant du bovin supplémenté avec une ration complète à savoir le traitement 5 est le plus élevé. Le plus faible poids des épis est obtenu avec le traitement témoin. Cependant les trois autres traitements ne sont pas significativement différents entre eux. L'interaction entre traitements et paysans n'est pas significative. Les résultats obtenus ont montré que le nombre de poquets présents, le nombre de poquets récoltés et celui des épis récoltés ne contribuent pas significativement à expliquer la variabilité du rendement des épis. Les composantes qui participent à la variabilité du rendement des épis sont entre autre la densité de récolte et la capacité de tallage.

Tableau 11 : Nombre moyen de poquets présents, de poquets récoltés, d'épis récoltés et le poids des épis (kg / ha) en fonction de la diversité des parcelles paysannes.

N° Paysans	Nombre moyen de poquets présents / ha	Nombre moyen de poquets récoltés / ha	Nombre moyen d'épis récoltés / ha	Poids des épis (kg / ha)
1	11064,900 bc	993 1,058 bcd	43949,047 b	1571,191 b
2	10589,471 cd	9071,846 de	25349,703 e	826,607 cd
3	9400,961 e	6840,304 f	26446,244 e	899,007 cd
4	11120,123 bc	8156,908 e	25403,757 e	721,509 d
5	10589,8 11 cd	9016,976 de	25604,846 e	1039,742 cd
6	12071,286 a	11705,206 a	52618,147 a	2459,444 a
7	10717,945 cd	9071,555 de	/	/
8	11906,295 ab	10809,287 ab	34566,667 cd	1065,256 cd
9	11467,354 abc	9345,892 cde	27763,067 de	950,034 cd
10	11503,840 bc	9437,246 cde	3 1586,444 cde	1087,201 cd
11	10114,366 d	8504,497 de	35518,940 c	1192,861 c
12	11870,190 ab	10424,867 bc	36213,860 c	c1124,427
Moyenne	11034,801	9359,608	33 183,450	1176,089
c.v (%)	7,870	13,860	24,30	2 8 , 9 5 0

Les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes par le test de classement de Newman et Keuls au seuil de $\alpha=0.05$

Le paysan 7 avait mélangé ses récoltes.

Les augmentations de rendement en épis des types de fumier par rapport au témoin sont indiquées dans le tableau 12.

Tableau 12: Les rendements en poids des épis récoltés (kg / ha) en fonction des traitements.

Traitement	Poids des épis (kg / ha)	Plus-values par rapport à T1 (kg / ha)	Plus-values par rapport à T1 (%)
T1	1015,638 b	0	0
T2	1142,387 ab	126,74	12,48
T3	1198,902 ab	183,26	18,04
T4	1233,744 ab	218,10	21,47
T5	1290,534 a	274,89	27,07
Moyenne	1176,132	200,75	19,76
c.v (%)	28,950	/	/

Les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes par le test de classement de Newman et Keuls au seuil de $\alpha=0.05$

Les plus-values varient de 127 kg / ha (12,5 %) pour le traitement T2 à 275 kg / ha (27,1 %) pour le traitement T5.

7.7.6 - Poids des grains et poids des 1000 grains.

Les résultats obtenus sur le poids des grains sont en parfait rapport avec ceux déjà obtenus sur le poids des épis avec des effets traitements et effets paysans qui sont significatifs (Tableau 13 et 14). Le poids des 1000 grains n'a pas subi l'influence significative des traitements, mais il existe néanmoins un effet significatif entre les parcelles paysannes.

Tableau 14 : Rendement en grains et poids des 1000 grains en fonction de la diversité des parcelles paysannes.

N° Paysan	Rendement en grains (kg / ha)	Poids des 1000 grains (g)
1	992,32 b	8,533 bc
2	543,21 de	8,303 bc
3	568,72 de	8,153 cd
4	422,50 e	6,840 f
5	732,51 cd	9,063 a
6	1698,22 a	8,600 bc
8	746,23c d	7,867 d
11	851,03b c	8,747 ab
12	652,95 d	7,513 e
Moyenne	800.82	8.180
C.V (%)	25,60	5,76

Les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes par le test de classement de Newman et Keuls au seuil de $\alpha=0.05$

Les paysans 7, 9 et 10 ont mélangé leurs récoltes et ont été supprimés dans l'analyse.

Les rendements moyens en grains de mil dans ces essais ont été très faibles du fait des raisons évoquées dans les chapitres précédentes. Les rendements en grains ainsi obtenus sont très faibles chez le paysan 4 (422,50 kg / ha) et plus élevés chez le paysan 6 (1698,22 kg / ha). Par contre, le poids des 1000 grains est très élevé et est plus important chez le paysan 5 (9,063 g). Cette dominance de ce paysan par rapport aux autres est liée essentiellement à l'absence du phénomène de compétitivité pour la lumière et la température entre les plantes, car il faisait partie des paysans qui avaient une faible densité, moins de talles et des parcelles élémentaires propres avec un démariage précoce.

Tableau 13 : Les rendements en grains (kg / ha) en fonction des traitements.

Traitements	Rendement en grains (kg / ha)	Plus-values par rapport à T1 (kg / ha)	Plus-values par rapport à T1 (%)
T1	599,45 c	0	0
T2	743,76 b	144,31	24,07
T3	817,28 b	217,83	36,34
T4	835,66 b	236,21	39,40
T5	1007,95 a	408,50	68,15
Moyenne	800,82	251,71	41,99
C.V (%)	25,60	/	/

Les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes par le test de classement de Newman et Keuls au seuil de $\alpha=0,05$

Le meilleur rendement en grains de mil est obtenu avec le traitement 5 (T5 avec un poids de 1007,95 kg comme ça était le cas au niveau des rendements des épis. La variation du poids grains des traitements T2, T3 et T4 n'est pas très importante. Les plus - values sont devenues plus importantes et varient par rapport au témoin de 144 kg / ha (24,07 %) pour le T2 à 408,5 kg / ha (68,15 %) pour le T5. La supériorité du T5 est due à la présence dans ce traitement de l'ensemble des éléments nutritifs (azote, phosphore et potassium) permettant la satisfaction des besoins du mil.

7.8 Discussions générales

Les bonnes conditions hydriques de cette année n'ont pas été suivies par les rendements qu'il faut dans la zone d'étude. La réponse de la fumure organique surtout en début de cycle végétatif sur la capacité de tallage a été principalement affectée par l'infestation de Striga et du mildiou. Ces deux attaques ont contribué à la réduction des rendements du mil. L'effet traitement très significatif et la comparaison des moyennes montrent que le nombre des talles totales et fertiles a été ainsi réduit dans le temps. Cette réduction pourrait être liée non seulement au phénomène de compétition pour les éléments nutritifs apportés entre le Striga et la culture du mil mais aussi à la destruction de certaines plantes par le mildiou et les chenilles.

A la récolte on a noté une différence significative entre les traitements sur le poids des épis et sur le poids des grains. Les interactions fumure organique et paysans n'ont pas été significatives pour toutes les composantes de rendements étudiées. Cependant les tendances des résultats de production obtenus laissent entrevoir un probable effet fumure confirmé par

des différences significatives entre certaines composantes du rendement en l'occurrence le poids des grains mais la différence entre le poids de 1000 grains de mil d'une parcelle à une autre n'est pas significative.

Contrairement aux effets fumures, les effets entre les paysans ont toujours été significatifs pour la plupart des composantes étudiées. Le classement des performances des différents paysans pourrait correspondre d'ailleurs aux différences de la nature de ces sols à savoir le niveau de la fertilité de leurs parcelles. Dans nos essais, chez le paysan 6, plusieurs types de variables analysés ont révélé des effets significatifs pour la plupart des facteurs. Malgré la présence non négligeable surtout de *Striga* sur ses essais, ce paysan arrive en tête sur le plan des meilleures conditions de production, suivi du paysan 1. A l'opposé les paysans 2, 4 et 3 ont eu les rendements les plus faibles. Ces différences pourraient s'expliquer par le fait que certains paysans avaient des parcelles les moins dégradées et / ou arrivent à se conformer aux exigences de la culture du mil.

Sur le plan de la production des épis et des grains, le traitement T5 est plus performant, suivis des traitements T4, T3 et T2. Concernant les rendements du mil, l'utilisation du fumier issu des animaux supplémentés en même temps en azote et en phosphore l'a emporté de manière hautement significative sur celles des fumiers issus des animaux supplémentés uniquement en azote ou en phosphore. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que le T5 constitué le seul traitement qui satisfaisait les besoins en éléments fertilisants du mil. Au vue des rendements moyens obtenus malgré la présence de quelques effets néfastes, au cours de cette année d'expérimentation, l'utilisation du fumier amélioré se confirme comme une borne pratique de fertilisation du mil dans un système de culture continue.

La supplémentation des bovins, en contribuant à améliorer la qualité du -fumier, est un processus indispensable à l'accroissement du niveau de fertilité des sols et de la productivité des cultures. La comparaison des sources de phosphore et d'azote pour déterminer l'efficacité d'un traitement pourrait apporter une solution de correction à ces carences des sols ferrugineux. L'acidité et les toxicités pourraient être résolues par l'apport de la matière organique comme le fumier qui recycle le calcium et certains ions basiques dans le sol. Certes, une expérimentation plus rigoureuse et de moyenne à longue durée permettrait de se prononcer de façon très claire sur la productivité des terres avec les différents types de traitements. La prolongation de ces essais sur les mêmes exploitations permettrait de confirmer ou d'infirmer les effets observés. Cependant la dose apportée à l'hectare est assez

faible par rapport aux besoins de nos sols compte tenu de leur niveau actuel de dégradation. En outre, l'émergence de Striga est à l'origine d'une absorption abondante d'éléments minéraux.

VIII CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

La résolution de la baisse de productivité agricole associée à une dégradation des ressources naturelles et la paupérisation des populations rurales est basée sur la valorisation de ces ressources naturelles (amendement organique). De façon générale, l'amélioration de la qualité du fumier à travers une supplémentation des animaux du terroir a favorisé l'augmentation des rendements du mil. L'avantage de cette étude de fumier dépend, naturellement, de l'ampleur de la dégradation de ces sols et du degré de compétitivité des infestations par le Striga. Ces essais ont montré aux paysans de la zone, l'intérêt de l'amélioration de la ration des animaux et de l'utilisation du fumier produit sur la productivité des céréales. Cet intérêt se traduit par un accroissement de la productivité animale et végétale et en même temps que celui des revenus des ruraux dans le paquet technologique testé en comparaison avec la pratique paysanne.

Cette technique a donc permis d'améliorer à moindre coût et de façon significative la productivité des terres dans les parcelles paysannes. Ces innovations contribuent à favoriser une meilleure intégration de l'agriculture et de l'élevage dans cette zone marquée par un manque de terres et par la pratique d'un élevage extensif avec la transhumance. Les conclusions de ces travaux demeurent déjà satisfaisantes mais ne sauraient être définitives qu'après avoir étudié l'arrière effet du fumier pour pouvoir évaluer enfin son action sur l'évolution de la fertilité du sol.

En perspectives, on pourrait suggérer, par rapport à la production de fumier, d'apporter de la litière, en incorporant plus de la matière organique d'origine végétale (refus alimentaires, pailles, plantes adventices...) en vue de mieux valoriser l'urine des animaux et d'améliorer considérablement la qualité du fumier obtenu et par là l'augmentation de la production.

Compte tenu du niveau très inquiétant de la dégradation des sols, on préconise, pour assurer des rendements satisfaisants, un apport annuel de 4 à 5 tonnes du fumier du traitement 5 ou bien un apport bisannuel de 10 t de cet fumier. En cas de non disponibilité de ce fumier, il

faudrait apporter, celui produit à partir d'une ration en phosphore (traitement 3) du fait de la carence très avancée de nos sols en cet élément.

Il faudrait promouvoir des aménagements intégrés de l'espace et des lois relatives à la meilleure gestion des ressources naturelles pour éviter les conflits entre éleveurs et agriculteurs. Pour cela, il faut réduire la superficie cultivée en mil - arachide par exploitation et en introduisant des superficies de jachères améliorantes.

Les champs pourront être entourés de haies vives en vue d'empêcher la pénétration des animaux et limiter l'érosion éolienne.

On doit faire une formation, une sensibilisation pour ces agropasteurs et renforcer leurs capacités organisationnelles afin qu'ils puissent respecter les consignes et de conduire tout le long du processus.

Il faudrait promouvoir la sédentarisation des troupeaux surtout pendant l'hivernage par une politique d'intensification de cette activité et introduire la traction bovine qui pourra non seulement produire du fumier mais aussi et surtout conduire des polyculteurs à effectuer des labours, le transport du fumier et permettre la pratique de l'enfouissement de cette matière organique. En plus, on pourrait composter le fumier pendant la période hivernale où on a de l'eau disponible.

La production de fumier doit être accompagnée de la pratique de l'embouche bovine, ovine avec des étables fumières et des enclos d'animaux de l'exploitation tapissés de litière.

Les pratiques agroforestières et les cultures fourragères devront être encouragées afin de pouvoir générer des sources de fertilisation, d'énergie et d'alimentation des animaux.

S'agissant des attaques de mildiou, il faudra utiliser des variétés résistantes et procéder à des arrachages précoces des plantes malades. Pour le Striga, il faut faire des rotations culturales, utiliser des faux hôtes, des cultures pièges, utiliser des herbicides et multiplier les sarclo-binages.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Brasseur, M. 1991. Agroforesterie. Cours n° 39. CERDI. 152 p.

Bockman, O.C., Kaarstad, O., Lie, O.H., et Richards, I. 1990. Agriculture et fertilisation. Les engrais: leur avenir - leur rôle dans l'alimentation de notre planète - les défis de l'environnement - y a-t-il une alternative? Une Publication Norsk Hydro. A. S., Oslo, Norvège. 257 p.

Charreau, C et Nicou, R. 1971. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux de la zone tropicale sèche Ouest Afrique et ses indices agronomiques: Agron. Trop. Agro, n° 23, CIRAD-CA, 254 p.

Cissé, M., Fall, A. M. Sow, P. Gongmet et A. Korrea. 1995. Effet du traitement de la paille de brousse à l'urée et du niveau alimentaire sur les variations de poids vif et de note d'état corporel des ovins sahéliens en saison sèche. Proc. Of satellite: utilisation des ressources fourragères par les ruminants en régions chaudes. Montpellier 7-9 Sept 1995. 12 p.

Diangar, S. 1994. Agronomie du mil et des systèmes de cultures à base de mil dans le bassin arachidier. Acquis et perspectives. Rapport de programme céréalière en zone sèche. ISRA / CNRA de Bambey. 56 p.

Diouf, M. 1990.- Analyse de l'élaboration du rendement du mil (P. typhoïdes Staff et Hubb). Thèse présentée par Mamadou Diouf, le 5 janvier 1990. 127 p.

Fall, S.T. 1995. Phosphates naturels et alimentation du bétail. ISRA. 7 p.

Fofana, A et Mbaye, D.F. 1990. Production du mil au Sénégal: contraintes et perspectives de recherches par A. Fofana et D.F. Mbaye.
(Communication présentée à l'Atelier Mil tenu à Niamey, Niger) Sept 1990 . CNRA, 7 p.

Ganry, F. Badiane. A. N. 1991. Utilisation efficace des engrais pour accroître la production végétale: Efficacité de l'urée apportée sur le maïs au Sénégal. In Alleviating soil fertility to production in West Africa. A. U. Mokwunye (Ed). Kluwer Academic Publishers. Netherlands. 227-234 p.

Ganry, F. 1974. Action de la fertilisation azotée et de l'amendement organique et la valeur nutritionnelle du mil Souma III. L'agronomie Tropicale 29-1 0: 1006-1 015.

Gastellu, J.M. 1981. L'égalitarisme économique des sereers du Sénégal. Travaux et documents ORSTOM N° 123,808 p., ORSTOM, Paris.

Granès, D., et Caron, H. 1993. Agriculture Spéciale. Cours n° 54. Centre d'édition de Reproduction et de diffusion de Documents pédagogiques (CERDI) , 140 p.

Hamon, S. 1993. Le mil en Afrique. 28 p.

Hamon, R. 1967. Modalités pratiques de fabrication de fumier-rendement obtenus et applications possibles en milieu rural Sénégalais. Colloque sur la fertilité des sols tropicaux. Tananarive, 19-25 Novembre 1967, pp. 1790- 1802.

Lambert, C. 1983-a. Influence de la précocité sur le développement du mil (P. Typhoïdes S.&H.) en conditions naturelles. 1. Elaboration de la touffe. Agron. Trop., 38 (1), 9-15.

Landais, E., Lhoste, Ph et Guerin, H. 1994. - Systèmes d'élevage et transferts de fertilité. In Savanes d'Afrique Terres Fertiles? Actes des Rencontres Internationales de Montpellier. CIRAD, Montpellier, France, pp 2 19-270.

McIntire, L. ,Bourzat D. Et Pingali, P. 1992. Crop-livestock interaction in sub-Saharan Africa. World Bank, Regional and Sectoral Studies. World Bank, Washington, DC, IJSA, 246 p.

Ndiaye, M. 1997. Contribution des légumineuses arbustives à l'alimentation azotée du maïs (*Zea mays* L.) :cas d'un système de culture en allées dans le Centre - Sud Sénégal. Thèse de Doctorat de l'INPL, Lorraine. 123 p.

Ndiaye, M., Yamoah, C.F., Dick, R.P. 2000. Fish by-product as a soil amendment for millet and groundnut cropping systems in Senegal. Biological Agriculture and Horticulture, 2000, vol. 17. pp 329-338

Nicou, R.1975. Caractéristiques principales des sols sableux et sablo - argileux du Sénégal. Problèmes agronomiques de leur mise en valeur (communication présentée à la troisième réunion du sous comité Ouest Africain de corrélation des sols pour l'évolution et l'aménagement des ressources en sols. Dakar 20 février - 2 mars 1975). -Bambey, ISRA-CNRA, 1975,-30 cm, 24 p.

Pouzet, D. 1974.-Influence de la densité sur la formation du grain et de celle de l'épi chez le mil (*Pennisetum typhoïdes*) - Bambey, CNRA, 1974.-30 cm, 17 p. Multigr.

Pieri, C. 1979. La fertilité potassique du mil *Pennisetum* et ses effets sur la fertilité d'un sol sableux du Sénégal. Compte rendu de 5 années d'expérimentation. ISRA-CNRA de Bambey. Doc. Multig. , 72 p.

Pieri, C. 1986. Fertilité des cultures vivrières et fertilité des sols en agriculture paysanne subsaharienne. Agron. Trop. 4 1: 1-20.

Pieri, C. 1989.- Fertilité des terres de savanes. Bilan des trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Min. De la coopération, CIRAD, Montpellier, France. 444 p.

Penning, de Vries, F. W. T et Djitéye (eds), M. A. 1982. La productivité des pâturages sahéliens. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen, The Netherlands. 918 : 52-71.

Powell, J.M, Fernàndez-Rivera, S, et Höfs, S. 1994.-Effects of sheep diet on nutrient cycling in mixed farming systems of semi - arid West Africa. *Agriculture, Ecosystems and Environement* 48 : 263-270.

Sarr, P. L. 1981. Contribution à l'étude de l'interaction travail du sol - fertilisation en amélioration foncière. Cas du station de Niore. Rapport de Stage présenté par P.L.Sarr. Bambey, ISRA / CNRA, 53 p.

Sarr, P.L.1986. Fertilisation minérale et organique du mil au Sénégal. Document présenté à la réunion d'évaluation du programme de mil, ISRA, CNRA de Bambey.

Soltner, D. 1976. Les bases de la production végétale. Le sol.

Willams et al. 1995-b. Soil fertility maintenance and food crop production in West Africa: is reliance on manure a sustainable strategy? *Outlook on Agriculture* 24(1): 43-47.

Winrock International. 1992. Assessment of animal agriculture in sub-saharan Africa. inrock International, Morrilton, Arkansas, USA. 125 p.

Annexe 1: Composition chimique des compléments minéraux

(ISRA : Safiétou Touré Fall , 1995).

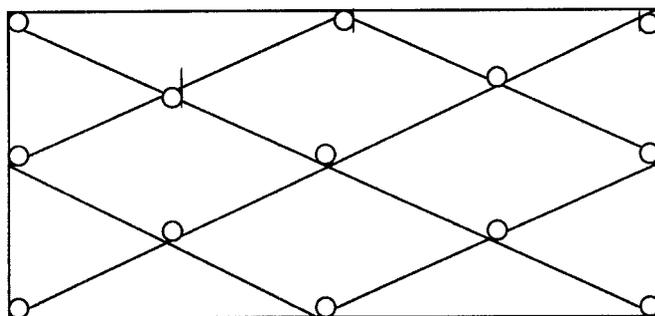
	Calcium % M.S	Phosphore % M.S	Fluor % M.S	Solubilité*
Phosphate de Taïba	32,0	14,7	3,62	35
phosphate de Thiès* *	35,5	14,7	2,62	43
poudres d'os	17,7	10,6	N D	N D

* solubilité à l'acide citrique 2p 100

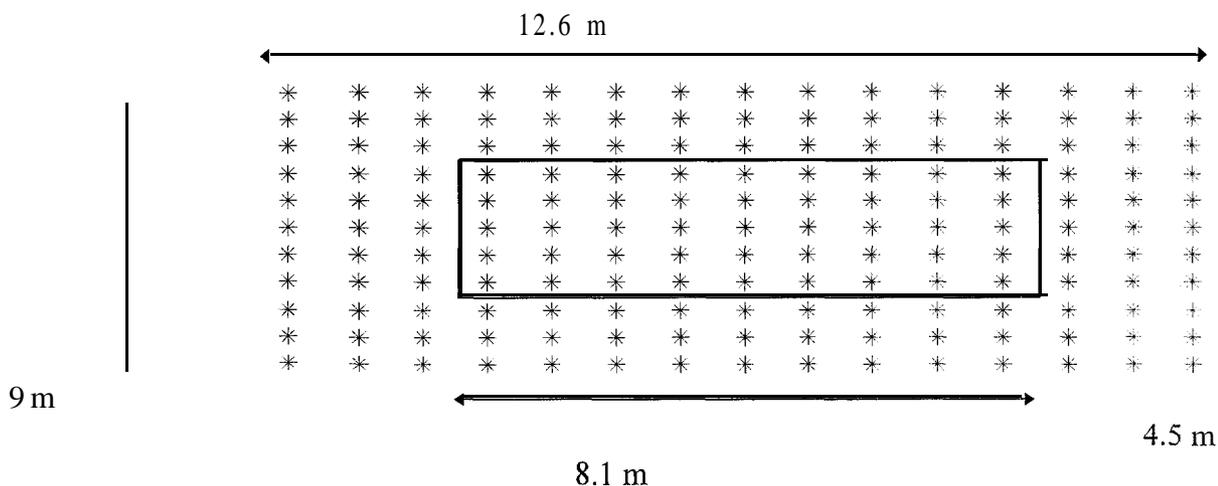
** Il s'agit du phosphate tricalcique de lam-lam

ND résultats non disponibles

Annexe 2: La méthode de prélèvement de sols dans les parcelles



Annexe 3: Carré de rendement



Annexe 4: Liste des villages, paysans avec les numéros des animaux où les essais ont été implantés.

Nom de villages	Nom des paysans	Numéros d'animaux
Zondié	Birane Diop	040 ; 563
	Diab Diouf	648 ; 403 ; 375 ; 647 ; 849
	Saliou Kane	031 ; 402 ; 374
	Ndiouga et Bada Kane	410 ; 376 ; 681 ; 020 ; 028 ; 372 ; 029 ; 365 ; 602 ; 651 ; 371
	Modou Kane	030 ; 361 ; 023 ; 406
Keur Sogui	Malick Sarr	363 ; 364 ; 633 ; 408 ; 409 ; 644 ; 645 ; 037
Keur Yambou	Ngagne Kane Ndiack	033 ; 660 ; 690 ; 650 ; 844 ; 021 ; 032 ; 810
	Ngagne kane Ndéo	024 ; 404 ; 809 ; 649 ;
Phiokhème	Ndiouga Kane	850 ; 454 ; 025 ; 034 ; 652
	Abdou Kane Diap	038 ; 843 ; 405 ; 659 ; 407
	Omar Diallo	401
	Aliou Gueye	654 ; 172

Annexe 5: Fiche technique du Souna III (source : ISRA-Bambey)

ORIGINE	Bambey (Sénégal)	ANNEE DE SELECTION: 1972
ESPECE	Pennisetum:	FILIATION
		Variété synthétique composée de 8 lignées tirées entre autres des populations PC 32 et PC 28;
CYCLE VEGETATIF		85 - 95 jours (semis - récolte);
DESCRIPTION		Epi lourd (52 cm), hauteur de la plante 242 m
CHARACTERES VEGETATIFS		
		- Aptitude au tallage intéressante;
		- Sensible au Mildiou, peu sensible au Charbon, assez sensible à l'Ergot
RENDEMENT		2,5 à 3 T / ha
		Rendement au battage: 65 %

EXIGENCES AGRONOMIQUES

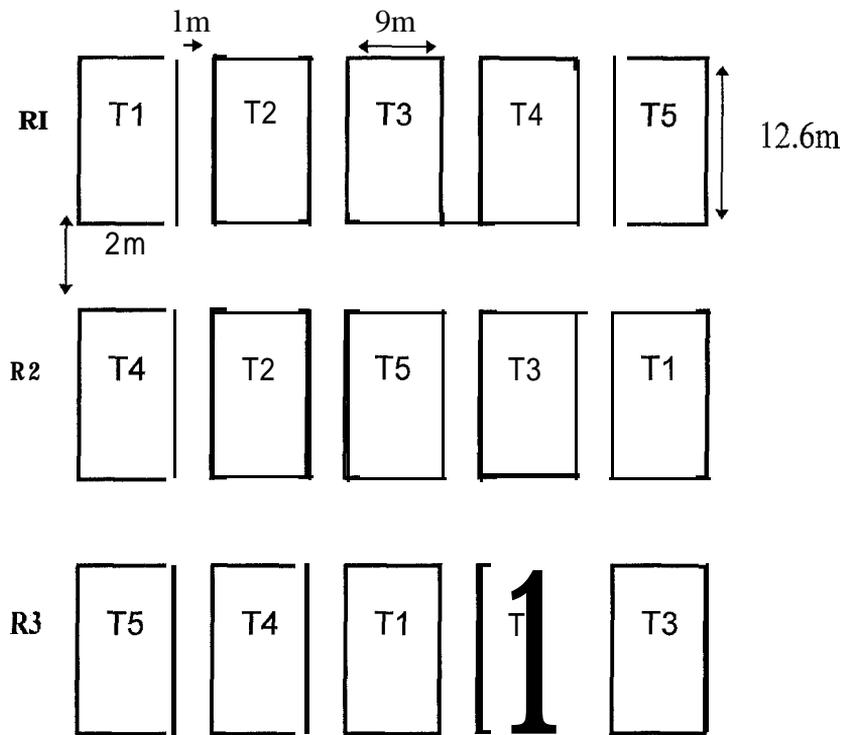
- Sols: terres sableuses;
- Préparation du sol: le mil répond bien au labour;
- Semis en sec (4 kg / ha);
- Démariage: 3 plants / poquet entre le 15^o et le 21^e jour après levée;
- Binage: 8 jours après le semis;
- 15 jours après le 1^{er} binage; autres binages à la demande;
- Fumure: Bonne réaction:
 - 150 kg de 14-7-7;
 - 150 kg de 10-21-21 FF.
 - 100 kg urée démariage et 45 jours après levée;
 - 400 kg (phosphatage de fond);
- Récolte à 95 jours
- Zone de culture: comprise entre les isohyètes 300 et 700 mm.

OBSERVATIONS:

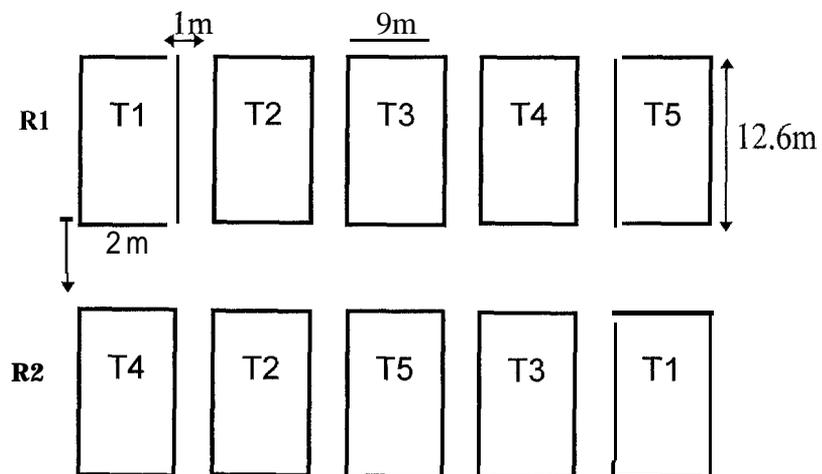
- Aire de culture: toutes les régions;
- Rendement au battage: 65 %;
- Poids 1000 grains: 7,8 à 8 g;
- Poids moyen d'un épi: 50 g
- Poids moyen grain par épi: 30 à 35 g

Annexe 6 : Plan des essais

Dispositif expérimental à trois répétitions



Dispositif expérimental à deux répétitions



R = répétition = bloc, T = traitement

Annexe 7: Caractéristiques analytiques de deux types de sols de Bambey

caractéristiques / sol		sol Dior				sol Dek			
localisation		CRAE	mbey	sole 1	S	Bambey, CRA, sole, B			
profondeur (cm)		0- 10	10 - 17		70 - 80	0-12	12-40	40-60	60-100
terre fine (%)		100	100	100	100	100	100	100	100
couleur(munsell)		7.5YR 6/4	7.5Y R6/6	7.5 YR5 /4	7.5 YR5 /6	---	---	---	---
granulométrie (%)	Matière organique	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	c.3	0.4	0.3
	Argile.....	3.4	4.0	5.4	3.0	8.5	12.8	14.5	13.0
	Limon.....	0.5	0.4	0.9	0.5	3.5	3.5	3.8	3.5
	Sables fins.....	75.3	74.3	72.8	71.2	66.2	60.8	60.8	64.1
	Sables grossiers	20.3	21.3	21.0	24.9	21.4	22.6	20.6	19.1
perméabilité darcy(cm/h)		1.1	1.1	1.4	1.3	1.1	1.1	1.2	1.0
humidité de la terre sèche (%)									
à pF 4.2		1.6	1.5	2.0	2.4	2.3	3.4	4.1	3.9
à pF3.0		2.8	2.3	3.0	3.4	8.5	7.7	9.0	8.8
carbone(%)	Total.....	2.90	1.60	1.30	1.10	2.11	1.99	2.15	1.83
	acides humiques.....	0.47	0.41	0.42	0.45	0.12	0.08	0.06	Trac.
	acides fulviques	0.30	0.23	0.31	0.15	0.42	0.52	0.52	0.28
azote total (%)		0.23	0.14	0.13	0.11	0.27	0.21	0.17	0.12
C/N		13	11	10	10	8	9	13	15
cation échangeables (mé/ 100g)	Ca.	0.45	0.20	0.35	0.30	1.34	1.60	1.67	2.35
	Mg.....	0.35	0.45	0.25	0.55	0.67	0.27	0.47	0.42
	K.....	0.05	0.05	0.04	0.05	0.02	0.02	0.02	0.02
	Na.....	0.10	0.07	0.06	0.06	0.05	0.04	0.04	0.04
	Somme.....	0.95	0.77	0.70	0.96	2.09	1.93	2.22	2.83
	T.....	2.00	2.05	2.40	2.60	4.32	6.40	6.70	5.46
	v (%).....*	47	37	29	37	48	30	33	52
P ₂ O ₅	Total (%).....	0.15	0.12	0.10	0.14	----	----	----	----
	Truog (ppm).....	7	8	3	3	2	0	0	0
pH 1 / 2.5 eau		5.5	5.2	4.5	5.2	5.3	5.6	5.8	5.9
Fe ₂ O ₅	Total (%).....	4.0	7.5	9.0	9.0	4.9	3.1	10.0	8.0
	Libre (%).....	3.8	4.8	8.4	8.0	----	-----	-----	-----

Annexe 8 : Composition chimique du fumier bovins (LNERV - Dakar)

Nature de l'échantillon	M.S	M.M	M.O	M.A.T	P	K
Fumier bovins lot 1 - 30-31 / 3 / 2000	90,7	19,7	80,3	8,43	1,10	0,22
Fumier bovins lot 1 - 10 / 6 / 2000	92,2	23,2	76,8	7,19	1,20	0,25
Fumier bovins lot 2 - 30-31 / 3 / 2000	90,3	22,4	77,6	8,34	1,27	0,26
Fumier bovins lot 2 - 10 / 6 / 2000	91,2	22,2	77,8	7,99	1,63	0,23
Fumier bovins lot 3 - 30-31 / 3 / 2000	90,9	21,5	78,5	9,04	1,21	0,23
Fumier bovins lot 3 - 10 / 6 / 2000	91,4	16,9	83,1	8,20	1,28	0,24
Fumier bovins lot 4 - 30-31 / 3 / 2000	89,6	22,5	77,5	9,02	1,20	0,24
Fumier bovins lot 4 - 10 / 6 / 2000	90,7	19,1	80,9	11,77	1,48	0,31

* Résultats exprimés en % de produit brut

M.A.T = N * 6.25

Annexe 9 : Liste des paysans concernés avec leur numéro correspondant et leur hameau,

Numéros	Paysans	Hameaux
1	Ndiouga Kane	Kondié
2	Birane Diop	Kondié
3	Diab Diouf	Kondié
4	Saliou Kane	Kondié
5	Modou Kane	Kondié
6	Bada Kane	Kondié
7	Malick Sarr	Keur Sogui
8	Ngagne Kane	Keur Yambou
9	Ndiouga Kane	Thiokhème
10	Abdou Kane Diap	Thiokhème
11	Aliou Gueye	Thiokhème
12	Omar Diallo	Thiokhème