

71
Laboratoire biochimie des sols
ISRA CNRA
BAMBEY

Exp^l: Sc

CN370018
P35
BAD

**Rapport de synthèse 1997 :
OPERATION FIXATION DE L'AZOTE
ET RECYCLAGE DE LA MATIERE
ORGANIQUE**

**Aminata NIANE BADIANE
Boris SZEMPRUCH
Paula FERNANDES
Benoît LESAGE**

Avec la collaboration technique de
**Samba CISSE
Youssof NDIAYE
Saliou FAYE**

Février 1997

OPERATION FIXATION DE L'AZOTE ET RECYCLAGE DE LA MATIERE ORGANIQUE

I / JUSTIFICATIFS

La fertilité des sols est, avec la pluviométrie, le premier facteur limitant impliqué dans la faible productivité des systèmes culturaux céréales-légumineuses dans la zone Nord du bassin arachidier. En conditions fertiles, une production intéressante est possible, même sous un climat difficile, alors qu'en conditions de sols pauvres, la production agricole, soumise aux aléas climatiques, est réduite et subit de façon plus sévère la loi du "tout ou rien". L'état de dégradation des sols et le coût prohibitif des engrais minéraux au Sénégal constitue un frein majeur au développement rural. La pression foncière, induit l'absence de jachères courtes ou longues et une agriculture intensive sans fertilisation adéquate. Cette exploitation minière des sols contribue pour une grande part à la dégradation de leur fertilité. Les études menées dans cette opération visent à assurer la production en milieu rural en allégeant au maximum les charges des paysans.

II / OBJECTIFS

L'objectif principal est la régénération des sols dégradés et le maintien voire l'amélioration de la fertilité des sols sous culture continue. Les objectifs spécifiques sont :

- la définition des techniques les moins coûteuses possibles pour la régénération des sols et une meilleure valorisation des intrants

- la recherche de substituts partiels ou totaux nus engrais chimiques par la valorisation des ressources disponibles (résidus de récolte, fumier, compost, phosphates naturels et agroforestière)

- l'amélioration de la gestion des ressources naturelles pour une intensification des systèmes de production qui permette de les rendre plus rentable et durable, sur le plan économique comme sur le plan écologique

III / ETAT D'AVANCEMENT DES RECHERCHES, ACQUIS ET PROBLEMES RENCONTRES

En 1980, les orientations et objectifs de cette opération ont été définis, la majorité des essais concernant la gestion de la matière organique ont alors été initiés.

III. 1 /Etat d'avancement et acquis

Les principaux résultats des recherches ont été obtenus durant cette dernière décennie :

- mise au point et réalisation de techniques de compostage en milieu réel, dose de 3t/ha/an de compost proposée pour les céréales.

- dose de 3 à 4 t/ha/an de fumier de ferme confirmée pour céréales et légumineuses

Les différentes études menées en milieu rural ont permis d'analyser la situation de la matière organique d'origine animale et végétale. Les résultats obtenus ont montré que la production de

matière sèche est faible et très variable (comprise entre 0,2 et 4 t/ha/an). Cette quantité disponible peut être gérée rationnellement et apportée au champ. En collaboration avec les organisations non gouvernementales telles que Rodale et Winrock depuis 1990 et les organisations paysannes (groupements féminins) depuis 1994, des essais participatifs ont été réalisés en milieu paysan sur l'utilisation des résidus de cultures sous forme de fumiers et composts. L'ensemble des résultats obtenus par cette opération au cours des dernières années ont confirmé la pertinence des actions de recherches. Ces dernières se sont concrétisées par 2 thèses de Doctorat (F. Gant-y 1990 , AN. Badiane 1993), une troisième étant en cours (P Fernandes)

Le travail effectué par l'équipe montre que certaines pratiques culturales à l'échelle de la parcelle présentent des avantages indéniables, leurs effets ont été quantifiés. La plus efficace (utilisation et enfouissement de fumier- ou de compost) est difficilement généralisable par suite de faibles disponibilités en biomasse végétale, aggravée par les aléas climatiques et la pression foncière

Il est donc indispensable d'envisager une stratégie globale, visant à assurer l'amélioration et le maintien durable du statut organique des sols. Elle ne peut être mise en oeuvre qu'à l'échelle du terroir et impliquerait:

- des mesures de droit foncier incitant le paysan à investir à long terme sur les parcelles (la loi sur le domaine national ne l'y incite guère),

l'association agriculture-élevage, en développant la culture des légumineuses fourragères utilisables pour l'alimentation du bétail et pour la fertilisation organique des sols,

- des aménagements du type agro-forestier assurant les besoins en bois de chauffage de la population, le rôle de brises vent et d'outil de lutte contre l'érosion éolienne, et enfin l'alimentation du bétail et la régénération des terres dégradées grâce aux haies vives

III.2 / Problèmes rencontrés

En 1997, les principaux problèmes rencontrés ont été de deux ordres: financier et climatique. Les problèmes de mobilisations des fonds pour l'activité menés en collaboration avec les ONG ADHIS et RODALE International ont retardé presque 10 mois la mise en place des fosses lompostières en milieu paysan

Les conditions climatiques particulières de 1998, début d'hivernage très tardif: surtout dans la région de Thiès, allié à une pluviométrie globale faible, n'ont pas permis aux cultures de mil en milieu réel dans la région de Thiès et Diourbel de s'implanter correctement, ni de produire de grain

IV / AXES DE RECHERCHE ACTUELS

Ces actions visant la régénération des sols et l'économie de l'azote sont fondées sur la mise en oeuvre des pratiques possibles ou envisageables dans la zone étudiée. Il s'agit de:

- l'utilisation et l'amélioration du fumier ou du compost,
- l'impact du travail du sol et de techniques culturales,
- la mise au point de stratégies intégrées permettant d'accroître la productivité globale des systèmes agricoles (association agriculture - élevage - foresterie)

Elles suivent **deux grandes orientations:**

A / Etude des effets des modes de gestion des terres en zone sahélienne sur les termes et l'évolution de leur bilan organique conséquences pour une production céréalière soutenue.

B / Amélioration des rendements en milieu paysan par une gestion améliorée et durable des cycles des éléments minéraux, des matières organiques synthétisées par une meilleure connaissance des bilans hydriques et minéraux pour la mise au point de solutions techniques adaptées permettant de redresser la fertilité des sols (production de fumure améliorée en quantité et en qualité)

V / ACTIONS MENEES EN 1997 ET PRINCIPAUX RESULTATS

Les différentes actions de recherches menées en 1997 sont consignées dans le tableau suivant

Action	Objectifs	Pratiques	Age /ans	Lieu
A	Etude des effets des modes de gestion des terres en zone sahélienne sur les termes et l'évolution de leur bilan organique: conséquences pour- une production céréalière soutenue			
A'	Etude des réponses à différents apports de matière organique d'une rotation mil-arachide, du statut organique et biologique des sols	Apport de 5 doses (0 à 6 t) de tûmier et de compost sur la rotation mil-arachide	6	Bambey (station)
A''	Etude de la variabilité des effets des apports de fumier sur le fonctionnement biologique des sols, le statut organique et la production végétale	Comparaison d'un couple de parcelles avec et sans apport de fumier sur 50 champs en milieu paysan sur deux zones climatiques différentes (Siné Saloum et Nord Bassin Arachidier)		milieu paysan Nioro (3 villages) Bambey (2 villages)

Action	Objectifs	Pratiques	Age /ans	Lieu
B	Amélioration des rendements en milieu paysan par une gestion améliorée et durable des cycles des éléments minéraux, des matières organiques synthétisées:	<ul style="list-style-type: none"> - Etude des bilans hydriques et minéraux en milieu réel - Test et diffusion de technologies en milieu paysan Compostage en phosphate naturel (en collaboration avec ADHIS et RODALE International) 	<p>2</p> <p>1</p>	<p>milieu paysan Vallée du Sounnaye, Vallée de Kourouck (Bignona Casamance)</p> <p>milieu paysan Nord bassin arachidier Axe Thiès - Bambey</p>

A /Etude des effets des modes de gestion des terres en zone sahélienne sur les termes et l'évolution de leur bilan organique et leurs conséquences pour une production céréalière soutenue

Les travaux réalisés à Bambey dans ce cadre portent essentiellement sur le suivi d'un essai longue durée « Courbe de réponse à la matière organique », mis en place en 1992 par Aminata Niane BADIANE. Ils portent d'autre part sur la quantification de la biomasse microbienne, la préparation des échantillons pour analyses d'azote minéralisable et ¹⁵N, et pour analyses plus approfondies de la matière organique (laboratoires CIRAD et ORSTOM Montpellier)

Essai Courbe de réponse à la matière organique

L'essai mené à Bambey porte sur la réponse d'une rotation mil-arachide à cinq doses de compost et fumier (0, 1.5, 3, 4.5, 0 t/ha) apportées sur le mil, enfouies par labour et associées à la fumure de fond vulgarisée (150 kg/ha de NPK, 8-18-27 ou 6-20-10 pour l'arachide et 14-7-7 ou 15-10-10 pour le mil). En 1996, sur la culture de mil, l'essai a montré l'attente d'un palier pour les rendements grain et matière sèche totale maximums pour la dose de 3t/ha d'apports de compost ou de fumier. Au delà de cette dose, on a noté une diminution des rendements dans le cas du fumier et une stagnation dans le cas du compost. Pour l'arachide, en 1997, qui bénéficie des arrières-effets de la fumure organique apportée sur mil, le même type de comportement est observé, la dose optimale se situant, dans ce cas, à 4.5 t/ha pour le rendement en gousses, qu'il s'agisse du fumier ou du compost.

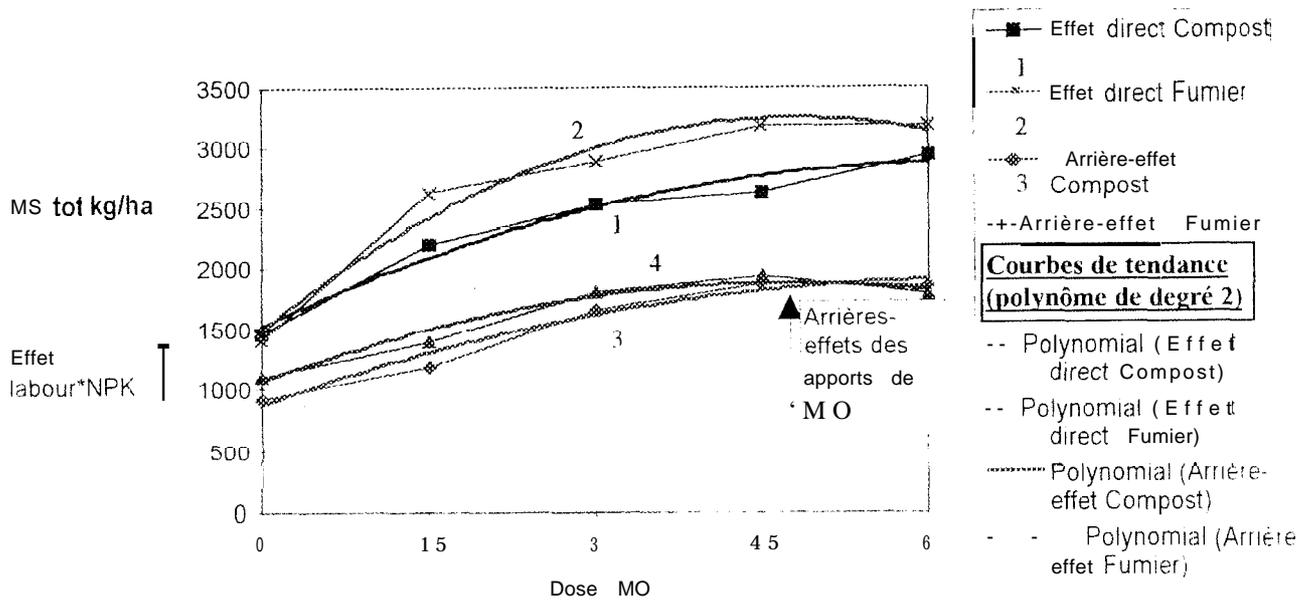


Figure 1 : Réponse en matière sèche totale d'une culture d'arachide en 1997 aux différents apports de matière organique - « Essai courbe de réponse à la matière organique »

- Arrières-effets des apports de matière organique (y compris les interactions entre apports passés de matière organique et de la fumure minérale vulgarisée).

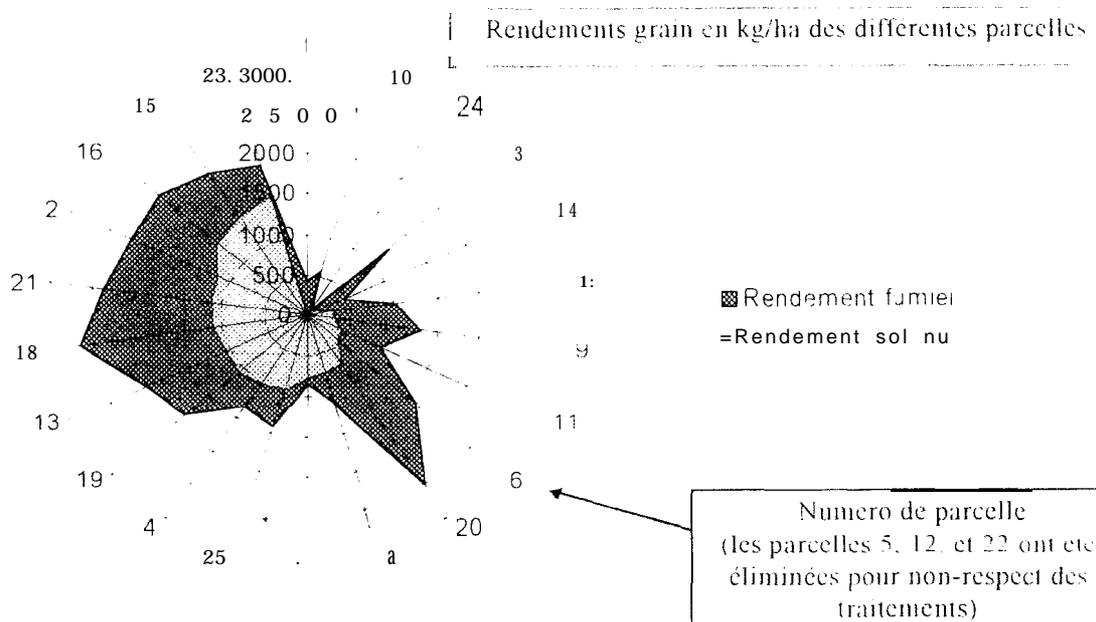


Figure 2 : Rendements observés en milieu paysan sur l'essai « Variabilité des effets des apports de fumier » - Cas du Sine Saloum

Des demi-parcelles test ont été mises en place en 1996, sans apport ni labour en 1996 et 1997. Sans labour, ni apport organique ou minéral, elles permettent d'évaluer les arrières-effets des deux précédentes rotations avec apports en 1992 et 1994. En 1996, pour la culture de mil, on a obtenu des rendements correspondant à la moitié de ceux observés sur les demi-parcelles avec poursuite du traitement même sur le témoin sans apport organique. Cet effet est vraisemblablement dû au travail du sol associé à la fumure de fond (différence semblable entre témoin non labouré et témoin labouré, avec fumure minérale), l'arrière-effet des apports organiques étant limité par rapport à l'effet de ces derniers. Pour le fumier, L'augmentation des rendements devient sensible dès 3t/ha ; pour le compost, elle ne se manifeste que pour les doses supérieures (6t/ha). Pour l'arachide, en 1997, on observe là encore l'effet travail du sol * fumure minérale (+ 40% de gousses et de fanes) (figure 1), mais l'augmentation de rendement due aux arrières-effets des apports organiques est plus importante et visible dès les faibles doses avec un gain de 50 % par rapport au témoin à 4,5 t/ha quelque soit la nature de l'apport organique considéré.

Quant à l'étude des effets de ces traitements sur le statut organique des sols, les analyses sont en cours. L'ensemble de résultats 1992-1997 de cet essai, évolution du statut organique du sol, effets sur les rendements et étude de l'impact économique fera l'objet d'une synthèse disponible en août 1998.

L'essai « Etude de la variabilité des effets des apports de fumier sur le fonctionnement biologique des sols, le statut organique et la production végétale »

L'essai a porté sur 25 champs paysans sur chacune des deux zones écologiques précédemment citées. L'étude a été réalisée sur une culture de mil Souma III, de même précédent cultural. Sur chaque champ, ont été mis en place deux blocs comportant deux traitements 0 et 1 charrette de fumier (équivalent 15 t/ha, ce qui correspond à la pratique paysanne estimée d'étalement du fumier par taches, le contenu d'une charrette étant épandu sur une faible surface). Pour l'instant, seules les données de rendement sont disponibles et montrent déjà d'importantes différences de réponses pour le Siné Saloum, avec des gains de rendement par rapport au témoin allant de 300 à 1800 kg/ha de grain pour le même apport de fumier (figure 2). Ceci laisse présager d'importantes variations qualitatives sur la composition des fumiers en milieu paysan (analyse chimique en cours), qu'il faudra mettre en relation avec les mesures d'azote minéralisable *in situ* et de biomasse microbienne réalisées au semis, début épiaison et post-récolte.

B / Amélioration des rendements en milieu paysan par une gestion améliorée et durable des cycles des éléments minéraux, des matières organiques synthétisées

Etude des bilans hydriques et minéraux en milieu réel

Cette étude est menée dans le cadre du programme spécial sur la production et la sécurité alimentaire qui a pour objectif d'augmenter la production de denrées stratégiques dont l'introduction de techniques améliorées disponibles. Pendant la première phase pilote de trois ans (1995- 1997), il s'agit d'appuyer le programme dans son travail de suivi - évaluation des technologies introduites (Fumure organique, variété améliorées, amendement phosphaté, gestion de l'eau, utilisation de pesticides, semis directs)

Plus précisément, le travail a porté sur le suivi des éléments nutritifs et hydrique des sols de deux vallées, Sounnaye et Kourouck, dans la zone de Bignona, en vue d'utiliser les méthodes de culture les plus adaptées. La partie suivi hydrique a été assurée par Modou SENE, ISRA Kaolack

En 1996, la caractérisation du sol dans les deux vallées, sous culture de riz et de maïs a montre une fertilité assez faible, des sols relativement acides (pH autour de 5,4). Les sols de rizières se distinguent de sols sous culture de maïs par un pH et un taux de matière organique plus faible, ce qui peut s'expliquer par des pratiques culturales différentes, les champs de maïs recevant régulièrement des apports de fumier. Les sols, surtout de rizière, sont pauvres en phosphore, ce qui suggère la nécessité d'un amendement phosphaté, que le programme a initié en 1997. Pour les rendements enregistrés en champs paysans, ils varient de 1,5 à 2,5 t/ha sans fumure jusqu'à 2 à 4 t/ha pour le maïs.

En 1997, cette étude a porté sur le bilan nutritif de 20 champs paysans, 15 en maïs et 5 en mil, répartie sur les deux vallées. Sur chaque parcelle, devaient être suivi l'évolution des éléments minéraux dans le sol, les paramètres de rendement et plus spécifiquement les mouvements d'azote par l'utilisation d'azote isotopiquement marqué sur 3 micro-parcelles ^{15}N bénéficiant d'un apport d'urée de 100 kg/ha marquée à 10% de ^{15}N .

La caractérisation des sols sur les horizons 0-20 et 20-40 cm fait apparaître des sols sableux (80% de sable) avec une teneur en argile allant de 3 à 24%, légèrement acide (pH oscillant autour de 6) et relativement pauvre en matière organique même si cette teneur est bien plus élevée que pour les sols du nord de Sénégal. Une amélioration de la teneur en phosphore a été notée suite à l'application de mélange de phosphate naturels et de phosphogypse.

Concernant les essais, compte tenu de la situation d'insécurité qui règne en Casamance les interventions sur les sites ont été réduites au maximum (suivi hydrique, récolte des micro-placettes uniquement, absence de prélèvement de sol en fin de cycle). Pendant l'hivernage, la pluviométrie irrégulière a affecté considérablement les rendements (période de sécheresse pour certains sites). L'analyse des résultats montre une forte variabilité des rendements sur les micro-parcelles, qui est essentiellement due à un manque d'entretien des parcelles. Pour le maïs, la production de matière sèche totale varie entre 146 et 6700 kg/ha, et de 300 à 18000 kg/ha pour le mil. Les prélèvements d'azote de la plante sont compris entre 16 et 156 kg de N/ha pour le mil et de 3,1 à 80 kg de N/ha pour le maïs (les analyses ^{15}N sont en cours).

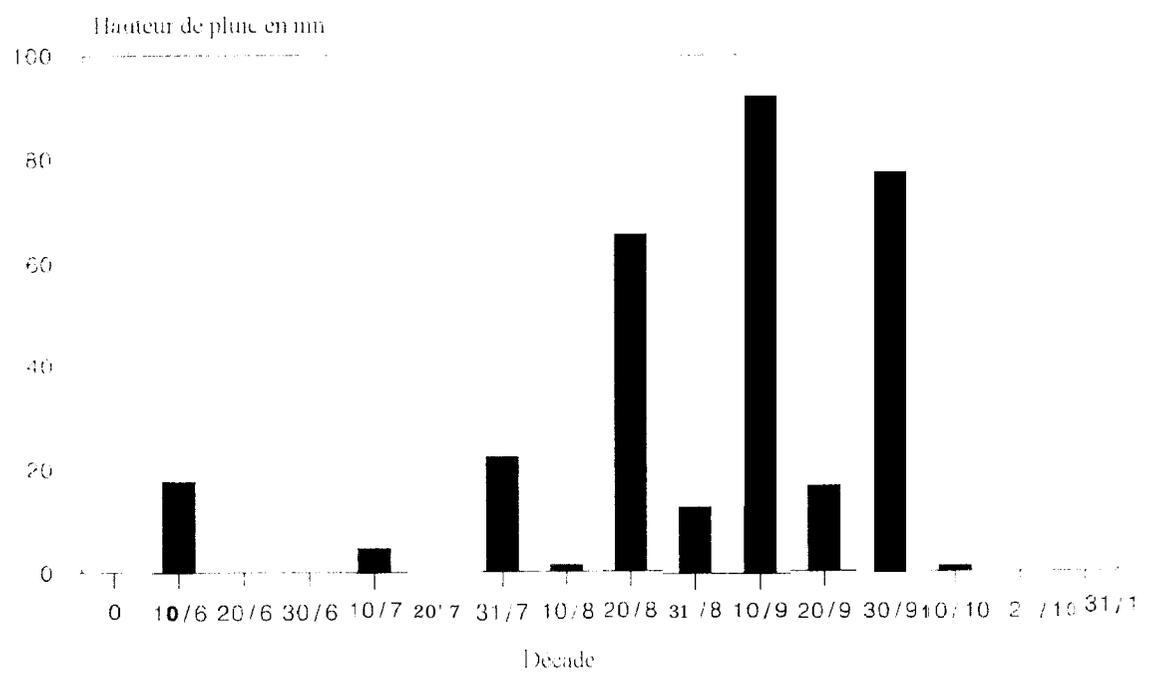


Figure 3 Pluviometrie a Thiès

Malgré les conditions, et même si les analyses d'abondance isotopiques ne sont pas encore effectué, des résultats intéressants ont pu être obtenu à partir de la caractérisation des sites et sur l'influence sur les rendements des technologies utilisées par les paysans, qui semblent en mesure d'améliorer la fertilité des sols. Le principal problème rencontré pour l'analyse de ces influences est l'estimation des apports de fumier que les paysans pratiquent sans pesée

Test et diffusion de technologie en milieu paysan : le compostage enrichi en phosphate naturel.

L'objectif de cette recherche collaborative, débutant en 1997, est de tester et de diffuser les techniques de compostage enrichi grâce aux phosphates naturels en milieu paysan, dans deux zones agroécologiques caractérisées par des types de sols sensiblement différents, la zone de Bambey et la zone de Thiès. Ce travail s'appuie sur les groupements féminins considérés comme foyer de diffusion, de 5 villages pour chaque zone. Ce programme prévoyait initialement l'implantation de deux fosses compostières cimentées, la réalisation de deux types de composts, avec et sans phosphate, et des essais agronomiques de test et démonstration, en condition paysanne. Les différentes opérations sont réalisées par les membres des groupements, sensibilisés et formés par les ONG et l'ISRA (chaque étape est suivie pour observer le caractère transposable de ces techniques en milieu paysan, sur le plan technique (quantité d'eau nécessaire, qualité du compost obtenu: paramètres de rendements) et économique (temps de travaux, coût, gain de production)).

Suite au retard de financement évoqué précédemment (cf. III 2), la construction des fosses compostières, prévue initialement en janvier, puis reportée en juin, n'a été finalement possible qu'en décembre 1997. Le cycle de compostage se déroulera de janvier à juin 1998, selon les modalités prévues en 1997 (suivi de la température, de l'humidité et analyse du produit fini).

Pour les essais agronomiques, un dispositif simplifié, à 3 blocs et 4 traitements (pratique paysanne, pratique paysanne + phosphate naturel, compost 2t/ha, compost enrichi en phosphate 2t/ha) a été retenu, volontairement simplifié afin d'offrir au visiteur une vision la plus directe possible, tout en permettant de tester les effets des différents traitements. Ne disposant du compost suite au retard mentionné précédemment, le protocole d'essai a dû être modifié, le fumier a été substitué au compost à l'implantation des essais début juin. Ceux-ci ont été suivis pendant l'hivernage.

Les conditions (climatiques de l'hivernage, arrivée tardive de la première pluie utile, qui n'est survenue que le 14 août dans les villages de la zone de Thiès, associé à une pluviométrie relativement faible, n'ont pas été favorables aux cultures (figure 3). Elles ont de plus favorisée la pullulation des sauteriaux, qui ont fortement attaqué les quelques cultures présentes. Comme pour les champs paysans de cette zone en général, ces conditions ont fortement handicapé l'implantation des cultures de mil (densité très faible et très irrégulière), et n'ont même pas permis d'atteindre le stade épiaison pour la plupart des parcelles. À la vue de cette situation les paramètres du rendement n'ont pas été mesurés, car ils avaient aucune signification statistique.

Cette activité, qui a débuté en 1997, a connu des débuts difficiles et les travaux menés n'ont pas encore permis d'obtenir des résultats exploitables mais l'étude du compostage est en cours, ce qui permettra d'évaluer les paramètres techniques et économiques de cette pratique. Par contre, les essais agronomiques, avec le compost enrichi obtenu en juin 1998, ne pourront être conduits pendant l'hivernage, le financement NRBAR se clôturant en juillet. Cette activité mériterait cependant d'être poursuivie pour valoriser le travail déjà réalisé (construction des fosses, formation et sensibilisation des groupements aux techniques de compostage et à la gestion raisonnée de la fertilité des sols).

V / CONCLUSION GENERALE

Les travaux entrepris dans cette opération et dans le programme gestion des ressources naturelles ont abouti à d'excellents résultats qui ont été transférés en milieu réel. même si certaines activités ont été perturbées cette année.

Les résultats obtenus ces dernières années montrent que la régénération des sols dégradés de la zone centre Nord du Sénégal reste toujours d'actualité. Vu le coût élevé des intrants, une gestion améliorée des ressources naturelles devient un impératif. L'utilisation du fumier, du compost et d'autres pratiques culturales doivent être optimisées et valorisées à grande échelle pour assurer un impact considérable sur la durabilité des agrosystèmes. Les travaux 1998, synthèse sur l'essai longue durée « courbe de réponse à différentes matières organiques » et la poursuite de l'activité « test et diffusion de technologies en milieu paysan », réalisée en collaboration avec des ONG acteur du développement rural vont dans ce sens.

TABLE DES MATIERES

I / JUSTIFICATIFS	1
II / OBJECTIFS	1
III / ETAT D'AVANCEMENT DES RECHERCHES, ACQUIS ET PROBLEMES RENCONTRES	1
III 1 / ETAT D'AVANCEMENT ET ACQUIS	1
III 2 / PROBLEMES RENCONTRES	2
IV / AXES DE RECHERCHE ACTUELS	3
V / ACTIONS MENEES EN 1997 ET PRINCIPAUX RESULTATS	3
A / ETUDE DES EFFETS DES MODES DE GESTION DES TERRES EN ZONE SAHÉLIENNE SUR LES TERRES ET L'ÉVOLUTION DE LEUR BILAN ORGANIQUE ET LEURS CONSÉQUENCES POUR UNE PRODUCTION CÉRÉALIÈRE SOUTENUE	4
<i>Essai Courbe de réponse à la matière organique</i>	4
<i>L'essai « Etude de la variabilité des effets des apports de fumier sur le fonctionnement biologique des sols, le statut organique et la production végétale »</i>	5
B / AMÉLIORATION DES RENDEMENTS EN MILIEU PAYSAN PAR UNE GESTION AMÉLIORÉE ET DURABLE DES CYCLES DES ÉLÉMENTS MINÉRAUX, DES MATIÈRES ORGANIQUES SYNTHÉTISÉES	6
<i>Etude des bilans hydriques et minéraux en milieu réel</i>	6
<i>Test et diffusion de technologie en milieu paysan : le compostage enrichi en phosphate naturel</i>	7
VI / CONCLUSION GÉNÉRALE	8

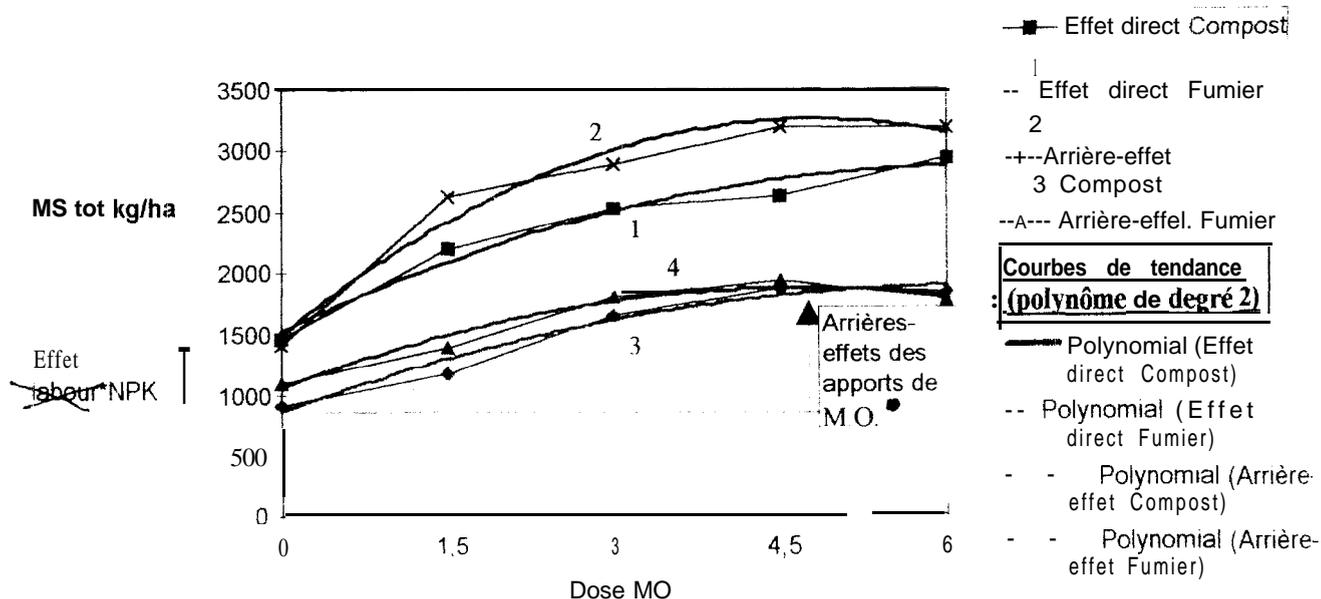


Figure 1 : Réponse en matière sèche totale d'une culture d'arachide en 1997 aux différents apports de matière organique - « Essai courbe de réponse à la matière organique »

- Arrières-effets des apports de matière organique (y compris les interactions entre apports passés de matière organique et de la fumure minérale vulgarisée).

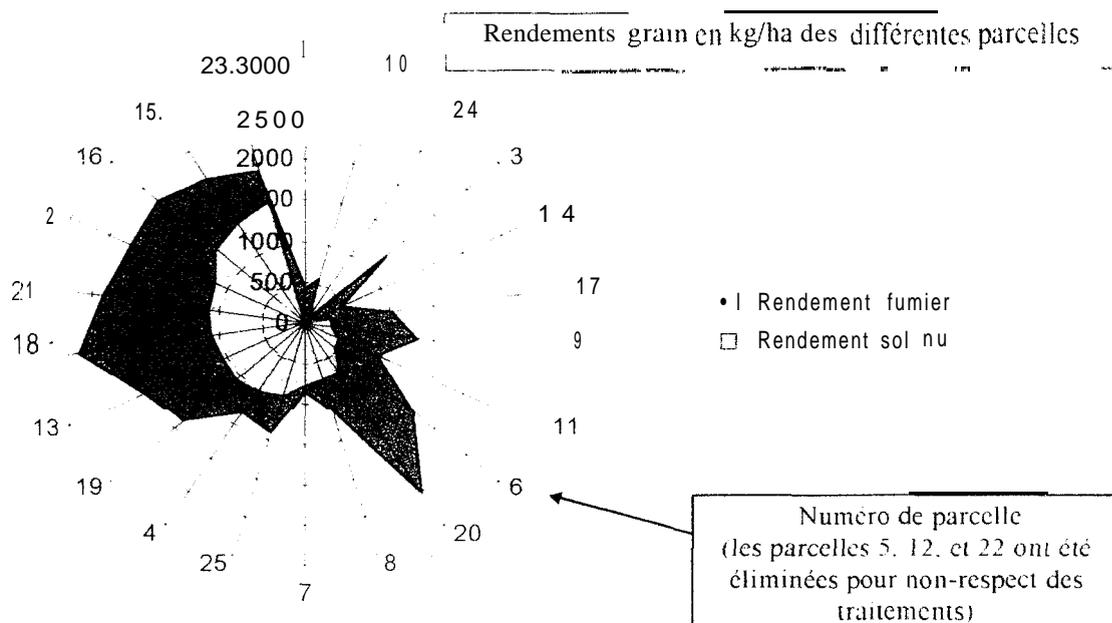


Figure 2 Rendements observés en milieu paysan sur l'essai « Variabilité des effets des apports de fumier » - Cas du Siné Saloum

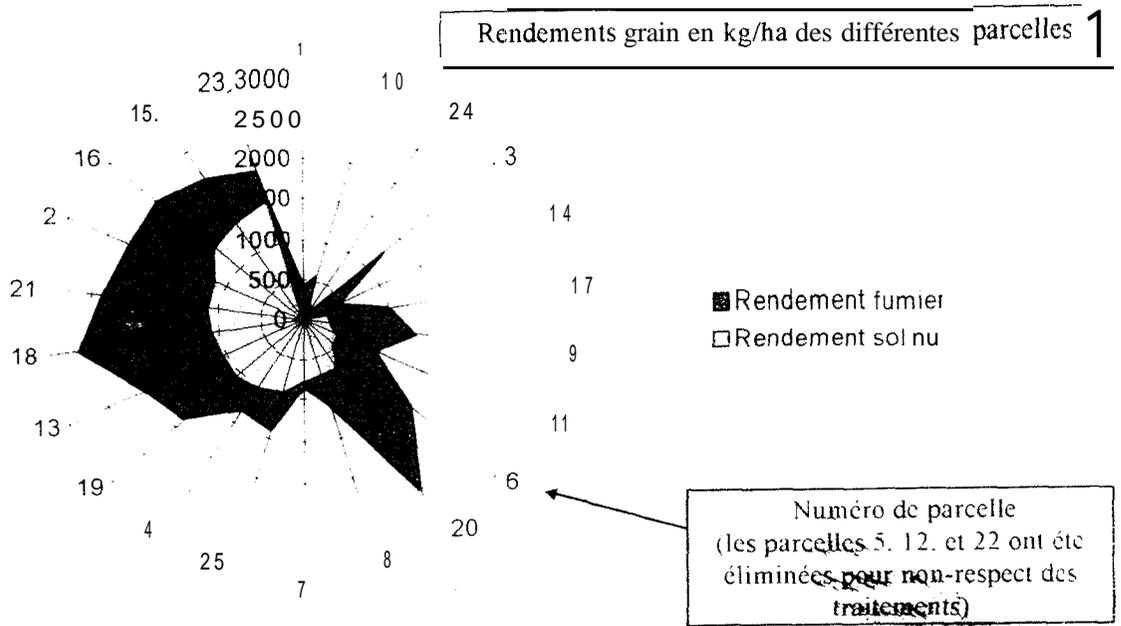


Figure 2 Rendements observés en milieu paysan sur l'essai « Variabilité des effets des apports de fumier » - Cas du Siné Saloum

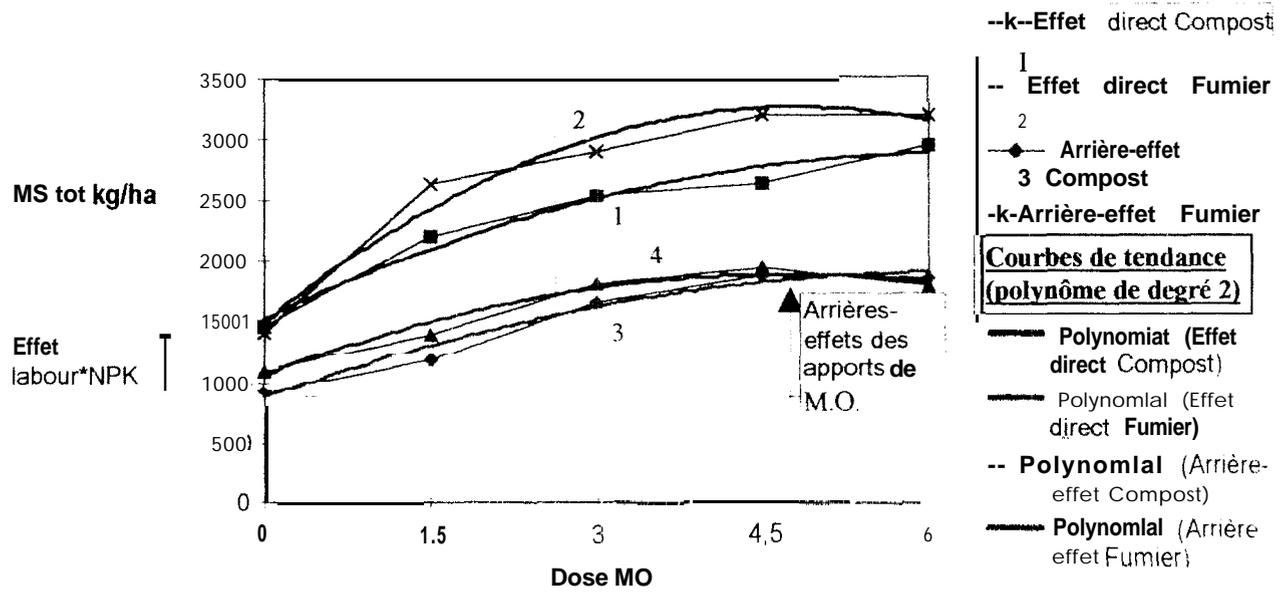


Figure 1 : Réponse en matière sèche totale d'une culture d'arachide en 1997 aux différents apports de matière organique - « Essai courbe de réponse à la matière organique »

« Arrières-effets des apports de matière organique (y compris les interactions entre apports passés de matière organique et de la fumure minérale vulgarisée).

