

**Labour préalable et recyclage de substances nutritives
dans des systèmes de production mixtes en zones semi-arides
d'Afrique de l'Ouest (SAWA)**

F. N. Ikpe¹, J.M. Powell¹ and N.O. Isirimah²

1/ International Livestock Centre for Africa (ILCA),
Centre sahélien, BP. 12404 Niamey, Niger.

2/Rivers State University of Sc.& Tech. Port Harcourt, Nigéria.

Mots-clés: Labour, bétail, amendements du sol, décomposition
et recyclage des substances nutritives.

Resumé:

La zone semi-aride d'Afrique de l'Ouest se caractérise par une faible productivité de biomasse pour supporter des populations croissantes d'êtres humains et d'animaux. Le pâturage des pailles de céréales après les récoltes est la principale source d'alimentation du bétail particulièrement durant les 6-8 mois de saison sèche. Comme l'élevage est une importante composante de ces systèmes de production mixtes, les résidus de culture sont utilisés comme aliments de bétail et le fumier et l'urine sont appliqués aux sols à travers le maintien des animaux en enclos dans les champs, la nuit. Mais, les résidus de culture s'emploient aussi dans l'amendement direct du sol. Les principaux objectifs de cette étude sont de fournir des indications sur les avantages comparatifs entre les utilisations alternatives des résidus de culture et d'évaluer leurs impacts sur la productivité du sol, le rendement du mil et le recyclage des substances nutritives.

Le labour préalable a augmenté la matière sèche totale du mil de 40% en comparaison aux parcelles non-labourées. Cependant il n'y avait pas de différence de matière sèche totale entre les parcelles immédiatement labourées et celles labourées plus tard. L'application de fumier plus urine a donné 10% de plus de matière sèche en 1991 et 20% en 1992 par rapport aux parcelles avec fumier

uniquement.

Les termites jouent un rôle important dans la décomposition et la délivrance des substances nutritives du fumier de mouton et des tiges de mil. Le fumier dans les sacs à ordures avec des mailles de 100 μ et enfouis, s'est décomposé plus rapidement que celui des sacs en surface. Mais, l'activité plus intense des termites en surface du sol pendant la saison des pluies a donné lieu à une décomposition plus rapide dans les sacs aux mailles de 2 et 7 mm placés à la surface du sol.

Introduction

Il est de plus en plus reconnu que la productivité agricole en Afrique de l'Ouest sahélienne est beaucoup plus limitée par la faible fertilité inhérente du sol et notamment l'insuffisance de P, que par la faiblesse et l'irrégularité des pluies (Kowal and Kassam, 1978; Penning de Vries and H. van Keulen, 1982; Payne et al., 1992). Ce problème de faible productivité agricole est exacerbé par la pression d'une population de plus en plus nombreuse sur les terres marginales, ce qui pourrait accentuer la dégradation et la baisse du rendement par unité de sols.

La principale culture vivrière dans les zones semi-arides d'Afrique de l'Ouest est le mil [*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.] et plus de 20% de sa zone de production en Afrique se trouvent au Niger (FAO, 1985). Mais, le rendement moyen en grains du mil est en chute tout au long de ces 20 dernières années et a baissé d'environ 500 kg ha⁻¹ à 300 kg ha⁻¹ (Bationo et al., 1987), alors que la surface cultivée a doublé pour atteindre 3,2 million d'hectares (Klaij and Serafini, 1988). L'augmentation de la production de mil en vue de nourrir les populations et les animaux provenait donc entièrement des systèmes de production extensifs. Des stratégies

d'exploitation des sols visant une amélioration durable et soutenue des rendements sans augmentation des surfaces, est nécessaire si l'on veut lutter contre la dégradation de l'environnement.

L'application d'amendements organiques au sol, particulièrement en combinaison avec des engrais minéraux, peut soutenir un niveau de production relativement élevé (Pichot et al., 1975; Quilfen and Milleville, 1983; Piéri, 1989). Mais la disponibilité en amendements du sol du genre fumier et résidus de récolte, est limitée. L'application du fumier se circonscrit souvent aux environs des villages (Landais and Lhoste, 1993). Les résidus de récolte (tiges de mil) sont utilisés comme matériaux de construction ou source d'énergie (Nicou and Charreau, 1985) et comme aliments de bétail pendant la saison sèche (Gavian, 1992). En plus, la fertilisation minérale n'est pas une pratique habituelle des paysans pour des raisons économiques (der Ridder and van Keulen, 1990; Powell and Williams, 1993). On sait que l'apport de petites quantités d'engrais peut considérablement augmenter le rendement (Bationo et al., 1987).

En plus des techniques d'aménagement du sol, les propriétés chimiques et physiques des amendements organiques (Vigil and Kissel, 1991; Kachaka et al., 1993) et l'activité faunique du sol (Tian, 1992; Brussaard et al., 1993) peuvent affecter la décomposition des matériaux organiques et déterminer ainsi les schémas de délivrance des substances nutritives. Mais, dans le Sahel, les facteurs-clés affectant la décomposition des résidus organiques sont peu connus. Les objectifs de cette étude sont donc de 1) déterminer les effets du labour préalable (traction animale), des amendements organiques et de l'engrais azoté sur le rendement du mil et le recyclage des substances nutritives, 2) déterminer le

processus de décomposition du fumier et des tiges de mil dans le sol et 3) évaluer le rôle des termites dans le recyclage des substances nutritives.

Matériels et méthodes

Un essai aux champs, de deux ans (1991 et 1992) a été mené au Centre sahélien de l'ICRISAT (CSI), à Sadoré (13°N 2°E) au Niger (Afrique de l'Ouest) sur un sol Labucheri légèrement acide, classé Psammentic Paleustalfs; sableux, silicieux et isohyperthermique (West et al., 1984). Les propriétés physico-chimiques du sol au début de l'expérience, sont présentées en Tableau 1.

Les conditions climatiques (pluviométrie et températures) à Sadoré pendant les années de l'étude sont présentées en Figures 1 et 2. La pluviométrie en 1991 (603 mm) et 1992 (586 mm) a été au dessus de la moyenne à long terme de 560 mm (Sivakumar, 1986).

Expérience I: Effets du labour, des amendements et de l'engrais N sur le rendement du mil.

Un dispositif expérimental *split plot* a été utilisé. Quatre amendements organiques (fumier plus urine, fumier, tiges de mil et cendres de tiges de mil) et 3 niveaux d'engrais N (0 N, 15 kg N ha⁻¹, et 30 kg N ha⁻¹) ont été appliqués en combinaison factorielle à la surface de sous-parcelles de 36 m². Les parcelles principales consistaient en trois méthodes d'application: à la surface du sol (sans labour), enfouis par labour immédiatement après l'épandage et enfouis par labour deux semaines plus tard. Le labour a été effectué à l'aide d'une charrue tirée par deux boeufs à 10 cm de profondeur. L'expérience a eu 4 répétitions avec témoins. Une application de fond de l'équivalent de 10 kg P ha⁻¹ en phosphate supersimple a été faite avec les amendements organiques. Les quantités de fumier de mouton et de tiges de mil ont été

déterminées en fonction d'études au niveau villageois menés au Niger. Mais le rapport fumier/urine de 1/3 sur la base du poids a été déterminé dans une expérience séparée du CIPEA sur le métabolisme du mouton au CSI (Powell, données non publiées).

Les teneurs en N, P et K du fumier de mouton plus urine, des tiges de mil, et des cendres de tiges de mil appliqués aux parcelles en 1991 sont indiquées en Tableau 2.

En première année de l'expérience, seuls les tiges de mil (débarassés des limbes et des gaines des feuilles) ont été appliqués. Le fumier et l'urine de moutons nourris à un régime à base de résidus de mil ont été recueillis et stockés dans des sacs et récipients en plastique. A la deuxième année de l'essai, toute la paille de mil (tiges + feuilles) des parcelles ayant reçu un traitement de tiges de mil l'année précédente, a été gardée sur place. La paille des parcelles ayant eu un traitement de cendres a été collectée et brûlée comme l'année précédente et leurs cendres ont été appliquées. Le fumier de mouton et l'urine ont été appliqués aux mêmes taux pendant les deux années.

Après une pluie de plus de 15 mm (jugée suffisante pour un labour de la surface du sol), le fumier, les cendres et les tiges de mil, ont été épandus à la main et l'urine a été appliquée avec un arrosoir sur la surface du sol. L'enfouissement immédiat a été fait sur quatre parcelles principales le même jour et quatre autres ont été labourées pour l'enfouissement environ deux semaines plus tard et les quatre restantes ont été laissées sans labour.

Le cultivar de mil CIVT a été semé en poquets espacés de 0,75m dans des rangées d'1 m d'intervalle. Les poquets ont été démarriés à 3 plantes environ 20 jours après les semis pour avoir une densité de peuplement d'environ 40.000 plantes par ha⁻¹. Au premier labour,

environ trois semaines après les semis, la moitié de l'engrais N (Amonitrate de Calcium, ANC) a été placée en bandes et l'autre moitié a été appliquée de la même manière 6 semaines plus tard, après le deuxième et dernier labour.

Pour déterminer les effets du traitement sur le rendement du mil et la consommation des substances nutritives, les plants de mil entiers ont été récoltés manuellement dans une délimitation de 3 \times 3,75 m à l'intérieur de chaque parcelle. Les panicules ont été séparées de la paille à l'aide d'un couteau et on a effectué un battage manuel pour retirer les grains des panicules. Dans chaque parcelle, deux poquets de mil ont été divisés entre feuilles (limbes et gaines) et tiges.

Les différences dans les rendements de mil en fonction des traitements ont été déterminées en utilisant l'analyse de variance ANOVA et les procédures générales de modèles linéaires GLM (SAS, 1985). Un seuil de probabilité de $\leq 0,05$ a été retenu pour décrire les principaux effets et interactions des traitements sur le rendement de mil.

Expérience II: Décomposition des amendements et délivrance des substances nutritives.

La décomposition durant les saisons des pluies 1991 et 1992 et les saisons sèches 1991/92 et 1992/93, a été suivie en utilisant des sacs à ordures. Pour l'essai de la saison des pluies, trois types de sacs à ordures de même surface de 20 \times 20 cm, ont été utilisés. Les sacs utilisées avaient des mailles de 100 μ en nylon, 2 mm en fibre de verre et 7 mm en fibres métalliques. Les sacs à ordures étaient remplis soit de 25 g de fumier de mouton intact soit de 25 g de tiges de mil en morceaux de 3 cm de long. Les sacs à mailles de 100 μ et 2 mm ont été placés à 1 m d'intervalle ou à

la surface du sol ou à 10 cm de profondeur, au début des saisons des pluies de 1991 et 1992. Les sacs à mailles de 7 mm ont été placés uniquement en surface. Le mil a été semé à 1 m d'intervalle de chaque sac à ordures.

Les sacs en quatre exemplaires ont été récupérés 16, 30, 44, 65 et 115 jours après leurs placements. Les activités des termites ont été évaluées en donnant un score au vu du degré de rongement réalisé, le jour de la récupération. Les scores se présentent comme suit: 0: pas d'activités, 1: faible activité, 2: activité moyenne, 3: au dessus de la moyenne et 4: activité intense. Des analyses chimiques ont été faites sur les ordures initiales et seulement sur celles des sacs à maille de 7 mm placés en surface et celles des sacs à maille de 100 μ enfouis. Des sous-échantillons ont été analysés par rapport à la matière sèche (MS), la matière organique (MO), les hydrates de carbone non structurés, la cellulose, l'hémicellulose et la lignine (Tableau 4). Les calculs de matière sèche restante du fumier et des tiges ont été effectués sur la base de la matière organique (sans cendres).

Pour les essais de saison sèche, seuls les sacs à ordures à mailles de 2 mm ont été utilisés. Placés ou à la surface du sol ou à une profondeur de 10 cm, ils ont été récupérés tous les mois et les activités des termites visuellement évaluées et enregistrées. Les ordures sont déplacées et débarrassées des fragments de sol en brossant en douceur et des sous-échantillons ont été analysés par rapport aux MS et MO.

Les transformations de la matière organique pendant la décomposition ont été déterminées en utilisant les techniques de regressions non-linéaire (NLIN) et linéaire (PROCREG) (SAS, 1985). Les modèles ayant les erreurs quadratiques moyennes les plus basses

et des R^2 élevés sont jugés comme les meilleurs descripteurs de la perte de MO au fil du temps.

Résultats et discussions

Expérience I: Effets du labour, des amendements et de l'engrais N sur le rendement du mil.

Le rendement du mil et l'indice de récolte (pourcentage en grains par rapport au MS total du mil) ont considérablement varié pendant les deux saisons culturales et dépendu du labour, des amendements du sol et de l'application de l'engrais N (Figures 3a-c).

Le rendement moyen du mil ($3,4 \pm 0,62 \text{ Mg ha}^{-1}$) de 1992 était inférieur et plus variable que celui de 1991 ($5,5 \pm 0,62 \text{ Mg ha}^{-1}$). Cette différence de rendement entre les ans pourrait en partie résulter de la faible pluviométrie de 1992 (586 mm) comparativement à celle de 1991 (603 mm) et de différences dans la répartition annuelle de la pluviométrie (Figures 1 et 2). Bien que la pluviométrie ait semblé adéquate en 1992, sa répartition n'a pas été bonne, surtout au début de la saison culturale. L'essai a dû être semé 2-3 fois avant d'obtenir un bon établissement du mil.

L'effet des régimes de labour sur le rendement était plus évident en 1992, année d'une pluviométrie capricieuse qu'en 1991, année de pluviométrie normale (Tableau 4). Les matières sèches totales les plus élevées ont été obtenues dans les parcelles où les amendements ont été enfouis dans le sol immédiatement ou deux semaines plus tard. Le rendement total des parcelles labourées étaient d'environ 40% plus élevé que celui des parcelles non-labourées.

Des études antécédantes sur notre site expérimental ont montré que le labour augmente la capacité d'emmagasiner de l'eau du sol dans les sols sableux profonds (Klaij and Bationo, 1988); Hoogmoed

et al., 1991). L'effet du labour plus important en 1992 qu'en 1991 serait peut-être dû à une meilleure accessibilité à l'eau du sol dans le système de labour par rapport à celui sans labour. En plus, la réduction de la densité apparente dans les parcelles cultivées (Ikpe, 1992 non publié) a pu favoriser une croissance et un développement rapides du système racinaire (ICRISAT, 1986). Nous avons donc en partie attribué le rendement élevé dans les parcelles cultivées par rapport à celles non cultivées à ces facteurs.

La similitude entre les rendements des parcelles avec enfouissement immédiat et celles avec enfouissement tardif durant toutes les deux années de l'étude, indique que le retard dans l'enfouissement de l'amendement n'a pas d'effet négatif sur le rendement. Une étude précédente menée à Sadoré, a montré que les rendements dans des parcelles étaient similaires que la paille de mil soit utilisée immédiatement après la récolte ou juste avant les semis et qu'il n'y a pas d'interactions entre la date d'application de la paille et le type de labour préalable sur le rendement du mil (Klaij and Serafini, 1988).

L'effet des types d'amendements sur le rendement en grains et en paille a été significatif pour les 2 années de l'étude. En 1991, le rendement total le plus élevé a été obtenu dans les parcelles amendées au fumier de mouton plus urine suivi de celles avec fumier uniquement, celles avec cendres de tiges et celles avec tiges de mil. Le rendement du traitement fumier plus urine était plus élevé que le rendement du témoin de 35%, celui du fumier uniquement de 28% et celui des cendres de tiges a donné 15% de plus de matière sèche totale par rapport au témoin. En 1992, cependant, les parcelles amendées aux tiges de mil ont eu le meilleur rendement, suivies de celles avec fumier plus urine, fumier uniquement et

cendres de paille de mil. Les rendements dans les parcelles amendées aux tiges de mil et au fumier plus urine étaient de 53 et 51% plus élevé que le rendement de la parcelle-témoin. Le rendement obtenu dans les parcelles avec fumier uniquement était de 40% plus élevé que celui du témoin et celui des parcelles avec cendres de tiges de mil de 15% (Tableau 5).

Les faibles rendements dans les parcelles avec tiges en 1991 étaient peut-être en partie dûs à l'immobilisation du N initial du sol par des micro-organismes étant donné que les tiges de mil ont un rapport C/N élevé (Parr and Papendick, 1979; de Ridder and van Keulen, 1990). Mais en 1992, le N résiduel éventuel des tiges de 1991 et un retour complet de la paille (tiges plus feuilles) de la récolte de 1991 ont pu être à l'origine du meilleur rendement de matière sèche dans les parcelles avec tiges de mil.

L'effet positif de l'urine sur la matière sèche totale du mil dans les parcelles fumier plus urine était de 10% plus important en 1991 et 20% en 1992 par rapport aux parcelles avec fumier uniquement. Des études récentes au site ont montré que l'urine du mouton augmente le N, P et pH du sol durant tout le cycle de culture du mil (Powell and Ikpe, 1992; Powell et al., 1992). Le pH du sol joue un grand rôle dans la disponibilité du P du sol et la nutrition du mil.

L'application de l'engrais N jusqu'à un seuil de 15 kg ha⁻¹ a eu des effets positifs importants sur la production de matière sèche totale dans les grains et la paille du mil pendant les deux années de l'étude. En 1991, on a obtenu environ 35% d'augmentation de la matière sèche totale dans les parcelles ayant reçu 15 kg ha⁻¹ ou 30 kg N ha⁻¹ en comparaison à la parcelle-témoin. En 1992, la matière sèche totale dans les parcelles avec 15 kg N ha⁻¹ était de

54% plus élevée que dans le témoin, alors que l'augmentation n'était qu'à 56% pour les parcelles avec 30 kg N ha⁻¹. La réponse du rendement à des taux plus élevés que 15 kg N ha⁻¹ était généralement faible. Cette faible réponse serait probablement due à des mécanismes bien connus de perte de N à travers la volatilisation du NH₃ de l'ANC et le lessivage qui a lieu dans les zones tropicales semi-arides d'Afrique de l'Ouest (Klajj and Bationo, 1988; Christianson et al., 1990; Bationo and Mokwunye, 1991).

Les interactions entre les effets du labour, des amendements et de l'engrais N sur le rendement ont montré que l'enfouissement des amendements du sol peut faire en sorte que leur minéralisation coïncide avec les besoins en éléments nutritifs du mil, ce qui réduirait l'exigence d'engrais N pour un meilleur rendement (Figure 3a-c). Les résultats de cette étude sur la réponse du mil à 3 niveaux d'engrais N dans des parcelles labourées et non-labourées sont en conformité avec les résultats passés indiquant que le labour diminue les besoins d'engrais N pour un rendement maximum des cultures (Reeves et al., 1993; Locke and Hons, 1988; Malhi and Nyborg, 1990).

Expérience II: décomposition des amendements et délivrance des substances nutritives

La décomposition de l'amendement dépendait du type de sac à ordures et de son placement. Pour les sacs à mailles de 100 μ , la décomposition était plus rapide dans les sacs enfouis que ceux en surface. La décomposition plus rapide des amendements organiques enfouis dans le sol, pourrait s'expliquer par le fait que le micro-environnement était propice à l'activité microbienne et par un meilleur contact avec le sol (Hargrove, 1991). Mais, dans les sacs

à mailles de 2 et 7 mm, la décomposition était plus rapide dans les sacs à la surface du sol. Cette disparité était due à la plus grande activité des termites sur la surface du sol en début de saison des pluies (Figs. 4a-b). Wood et Johnson, (1978) ont noté que dans la savanne soudanienne, les activités des termites (*Microtermes* sp.) à la surface du sol, se limitaient à la saison des pluies. De même, dans la zone de la savanne Nord-guinéenne d'Afrique de l'Ouest, l'activité des *Microtermes* est stimulée après des grandes pluies et déclinait sérieusement à la fin de la saison des pluies (Johnson et al., 1981).

La différence dans la décomposition entre les sacs à mailles de 100 μ , 2 et 7 mm a été significative pendant les 115 jours de cette expérience. Les termites ont apparemment joué un grand rôle dans la dégradation du fumier et des tiges. Ainsi, les différences entre les taux de décomposition du fumier et des tiges dans les trois types de sacs s'expliquent peut-être par l'accès aux organismes décomposants de différentes tailles et par le contact rapproché des amendements avec le sol, particulièrement avec les sacs à mailles de 7 mm (Figures 5a-b et 6a-b).

Pendant la saison des pluies, la perte de masse du fumier de mouton et des tiges de mil (moyenne de tous les sacs et tous les placements) durant les 16 premiers jours de l'expérience était due aussi bien au lessivage des particules solubles de l'eau qu'à la décomposition du pool facilement dégradable par des micro-organismes (Swift et al., 1981; Hargrove et al., 1991; Douglas and Rickman, 1992).

Au 30^{ème} jour de décomposition, les premières différences constatées entre le fumier et les tiges se sont atténuées. Ceci pourrait être dû au regain d'activités des termites à la surface du

sol où ont été placés tous les sacs à mailles de 7 mm. En plus, avec la domination de la fraction récalcitrante dans le processus de décomposition, on ne s'attendait pas à des différences significatives dans la décomposition des tiges et du fumier. Les différences entre le fumier et les tiges aux 44ème et 65ème jours ont été attribuées aux différences dans les activités des termites et dans les quantités et la résistance de la fraction récalcitrante dans le fumier et les tiges. A la fin de la saison culturale, $44 \pm 2,82\%$ pour le fumier, $39 \pm 2,82\%$ pour les tiges restaient des quantités initiales.

En saison sèche, la décomposition du fumier et des tiges a été plus lente et l'activité des termites était plus importante sous le sol (Tableau 6). La décomposition était donc plus rapide dans les sacs à mailles de 2 mm enfouis dans le sol. Tian, (1992) a noté que les termites sont attirés vers les résidus de plantes essentiellement pour s'abriter contre le dessèchement. Des résidus de plantes de mauvaise qualité tels que les tiges de mil attireraient particulièrement les termites. La décomposition plus rapide des tiges par rapport au fumier pourrait partiellement être attribuée aux termites dans leur quête d'abri contre le dessèchement à la surface du sol (Figure 7a-b).

L'activité plus intense des termites en début 1991 par rapport à la saison des pluies 1992 serait vraisemblablement dûe aux pluies précoces et plus importantes avant les semis du mil en 1991. Mais, la large différence entre l'activité des termites en 1991/92 et 1992/93 pourrait être en relation avec le genre des termites ou la domination des espèces, ce qui implique des préférences alimentaires et des habitudes de rongement différents (Kooyman and Onck, 1987). Bien que trois genres de termites (*Microtermes* spp.,

Microcerotermes spp. et *Odontotermes* spp.) aient été identifiés sur les échantillons de sacs (Chris Kooyman 1993, communication personnelle), la connaissance de la composition des espèces reste incomplète. On sait que la diversité des espèces de termites augmente avec l'aménagement sans labour des sols (Kooyman and Onck, 1987). La parcelle expérimentale et les parcelles voisines n'ont pas été labourées pendant la durée de l'étude. Ainsi la décomposition plus rapide du fumier par rapport aux tiges dans les sacs enfouis pendant la saison sèche 1992/1993 et la très faible activité des termites en surface pourraient être dues aux différences dans les préférences alimentaires et habitudes de rongement des espèces et des genres.

Conclusions

Les résidus de culture et des stratégies d'aménagement des sols recyclant de grandes quantités de substances nutritives en amendements organiques peuvent avoir un impact positif sur le rendement du mil dans le Sahel. Cette étude a montré que l'enfouissement des amendements organiques a amélioré le rendement du mil. La texture sableuse du sol et l'enfouissement des amendements à faible profondeur pourraient être les raisons qui expliquent l'absence de différence significative dans le rendement entre le labour immédiat et le labour tardif des parcelles. L'application directe au sol, nourrir le bétail aux résidus de culture ou brûler les résidus de culture, auront des effets différents sur le rendement du mil et le recyclage des substances nutritives. L'application directe des résidus du mil au sol pourrait immobiliser les substances nutritives et réduire ainsi le rendement, l'arrachage complet de la paille ou le brûlis des tiges pourrait conduire au minage des substances nutritives dans le sol

et à une plus grande dégradation de l'environnement. Le rendement était nettement plus élevé dans les parcelles avec fumier plus urine que dans celles avec fumier uniquement.

Les termites jouent un rôle important dans la décomposition et la délivrance des substances nutritives du fumier de mouton et des tiges des mils. La différence dans les schémas de décomposition entre le fumier et les tiges enfouis et ceux en surface, indique qu'on pourrait formuler des stratégies d'aménagement permettant une meilleure synchronisation entre la délivrance des substances nutritives et le mode de croissance du mil. Des recherches plus poussées sur la matière organique et les stratégies d'aménagement peuvent améliorer les rendements et le recyclage des substances nutritives dans des systèmes de production mixtes à faibles intrants.

Ouvrage cité

- Bationo A., S. H. Chien and A. U. Mokwunye. 1987. Chemical characteristics and agronomic values of some phosphate rocks in West Africa. In: Food grain production in semi-arid Africa. J. M. Menyonga, T. Bezuneh and A. Youdeowei (Eds.) Coordination office, OAU SAFGRAD, Essex, UK.
- Bationo A. and A. U. Mokwunye. 1991. Alleviating soil fertility constraints to increased crop production in West Africa: The experience in the Sahel. Fertilizer Research 29: 95-115.
- Brussaard L., S. Hauser and G. Tian. 1993. Soil faunal activity in relation to the sustainability of agricultural systems in the humid tropics. In: Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture (Eds.) K. Mulongoy and R. Merckx. John Wiley and Sons p. 241-256.
- Christianson C. B., A. Bationo, J. Henao and P. L. G. Vlek. 1990. Fate and efficiency of N fertilizers applied to pearl millet in Niger. Plant and Soil, 125: 221-231.
- de Ridder and H. van Keulen. 1990. Some aspects of the role of organic matter in sustainable intensified arable farming systems in the West African semi-arid-tropics (SAT). Fertilizer Research 26: 299-310.
- Douglas C. L. and R. W. Rickman. 1992. Estimating crop residue decomposition from air temperature, initial nitrogen content, and residue placement. Soil Sc. Soc. Am. J. 56: 272-278.

- FAO 1985. FAO production yearbook. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Gavian S. 1992. Manure and crop residue management strategies used by farmers in selected regions of the Tillaberi Department, Niger. Final Report. ILCA, Niger. p. 71.
- Hargrove W. L., P. B. Ford and Z. C. Somda. 1991. Crop residue decomposition under controlled and field conditions. Proceedings of Int. Soil Till. Res. Org. Meetings. Ibadan, Nigeria.
- ICRISAT (International Crop Research Institute for the Semi-Arid Tropics). 1986. Annual Report. Hyderabad. India.
- Johnson R. A., R. W. Lamb and T. G. Wood. 1981. Termite damage and crop loss studies in Nigeria—a survey of damage to groundnuts. Trop. Pest Man. 27 (3): 325-342.
- Kachaka S., B. Vanlauwe and R. Merckx. 1993. Decomposition and nitrogen mineralization of prunnings of different quality. In: Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture (Eds.) K. Mulongoy and R. Merckx. John Wiley and Sons p. 199-208.
- Klaij M. C. and P. G. Serafini. 1988. Management options for intensifying millet based crop production systems on sandy soils in the Sahel. In: P. W. Unger et al., (ed.) Challenges in dryland agriculture: A global perspective. p. 501-503.
- Klaij M. C. and A. Bationo. 1988. Sowing method, tillage, crop residue and fertilizer effects on establishment and yield of pearl millet. In: Proceedings of the Regional Millet Workshop, ICRISAT-IAR/ABU, Samaru, Zaria Nigeria. p. 87-93.
- Kooyman Chr. and R. F. M. Onck. 1987. The interactions between termite activity, agricultural practices and soil characteristics in Kisii District, Kenya. Agricultural University Wageningen Papers.
- Kowal J. M. and A. H. Kassam. 1978. Agricultural Ecology of Savannah: A study of West Africa. Clarendon Press, Oxford U.K.
- Landais and Lhoste. 1993. Systèmes d'élevage et transfert de fertilité dans la zone des savanes africaines. Cahiers Agricultures. 2: 9-25.
- Locke M. A. and F. M. Hons. 1988. Effect of N rate and tillage on yield, N accumulation and leaf N concentration of grain sorghum. Soil tillage Res. 12: 223-233.
- Malhi S. S. and M. Nyborg. 1990. Effect of tillage and straw on yield and N uptake of barley grown under N fertility regimes. Soil & Tillage Research, 17: 115-124.
- Nicou R. and C. Charreau. 1985. Soil tillage and water conservation in semi-arid West Africa. In: Ohm H. W. and Nagy J. G. (Eds.) Appropriate Technologies for farmers in semi arid West Africa.

- Purdue University, West Lafayette, Indiana. p. 9-32.
- Parr J. F. and R. I. Papendick. 1978. Factors affecting the decomposition of crop residues by microorganisms. In: Crop residue management systems (Ed.) W. R. Oschwald. ASA Special Publication Number 31: 101-129.
- Payne W. A., Lascano R. J., Hossner L. R., C. W. Wendt and Onken A. B. 1991. Pearl millet growth as affected by phosphorus and water. *Agron. J.* 83: 942-948.
- Penning de Vries, F. W. T. and H. van Keulen (Eds.). 1982. La production actuelle et l'action de l'azote et du phosphore. In: F. W. T. Penning de Vries & M. A. Djiteye (Eds.), p. 196-225.
- Pichot J. 1975. Role de la matière organique dans la fertilité du sol. *Agron. Trop.* 30: 171-175.
- Piéri C. 1989. Fertilité des terres de savannes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. CIRAD/IRAT, Montpellier, pp. 444.
- Powell J. M. and T. O. Williams. 1993. Livestock, Nutrient cycling and sustainable agriculture in the West African Sahel. Gatekeeper series No. 37. 15 pp.
- Powell Mark and Felix Ikpe. 1992. Nutrient cycling through livestock. *ILEIA Newsletter* 3: 13-14.
- Powell J. M., F. N. Ikpe and Z. C. Somda. 1992. Nutrient cycling in low external input millet-based mixed farming systems of West Africa. *ASA-CSSA-SSSA Agronomy Abstracts* p. 70.
- Quilfen J. P. and P. Milleville. 1983. Résidus de culture et fumure animale. Un aspect des relations agriculture-elevage dans le nord de la Haute-Volta. *Agron. Trop.* 38: 206-212.
- Reeves D. W., C. W. Wood and J. T. Touchton. 1993. Timing nitrogen applications for corn in a winter legume conservation tillage system. *Agron. J.* 85: 98-106.
- SAS Institute Inc. 1985. *SAS User's guide: Statistics, version 5 Edition.* SAS Inst. Inc. Cary, NC.
- Sivakumar M. V. K. 1986. Climate of Niamey. Progress Report-1. pp. 36.
- Tian G. 1992. Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions on plant and soil under humid tropical conditions. Ph.D Thesis. University of Wageningen, The Netherlands. p. 114
- Vigil M. F. and D. E. Kissel. 1991. Equations for estimating the amount of nitrogen mineralized from crop residues. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 55: 757-761.
- Wood T. G. and R. A. Johnson. 1978. Abundance and vertical

distribution in soil of *Microtermes* (Isoptera; Termitidae) in Savanna woodland and agricultural ecosystems at Mokwa, Nigeria. *Zoology* 29: 203-213.

Tableau 1

Propriétés physiques et chimiques initiales du sol du Labucheri, Sadoré Niger 1991.

Propriétés du sol	Profondeur (cm)		
	0-15	16-30	31-60
Texture du sol %			
Sable	93.0	NR	NR
Argile	4.0	NR	NR
Limon	3.0	NR	NR
Densité apparente g/cm ³	1.65	1.71	1.62
Carbone Organique (CO) %	0.16	NR	NR
Azote totale (N) ppm	174.3	141.3	108.4
Phosphore disponible ppm	26.0	8.0	2.0
N Minérale NH ₄ -N ppm	4.5	3.1	2.8
NO ₃ -N ppm	4.8	4.5	2.0
pH (H ₂ O)	4.9	4.6	NR
pH (KCl)	4.0	3.8	NR
Acidité échangeable meq/100g soil	0.26	0.58	NR
CECE meq/100g soil	1.8	NR	NR
Saturation en bases %	85.5	NR	NR
Saturation en aluminium %	8.9	NR	NR
Fer échangeable ppm	8.0	NR	NR
" Potassium meq /100g	0.80	0.53	0.42
" Magnesium "	0.13	NR	NR
" Calcium "	0.54	NR	NR
" Hydrogen "	0.10	NR	NR
" Aluminium "	0.16	NR	NR
" Manganese "	0.06	NR	NR
" Cuivre "	ND	NR	NR

NR - Non enregistré

ND - Non détectable.

Tableau 2

Quantités de N, P, et K et leur concentrations dans les amendements du sol appliqués aux parcelles, 1991.

Amendements	Concentrations			Eléments nutritifs		
	N	P	K	N	P	K
	g kg ⁻¹			kg ha ⁻¹		
Tiges de mil	7.3	0.5	43.5	10.95	0.75	62.25
Cendres de tiges de mil	4.1	6.8	563.3	0.46	0.79	65.34
Fumier de mouton	17.6	3.2	13.9	26.4	4.8	20.85
Urine de mouton	5.6	ND	0.47	25.2	0	2.12

ND - Non détectable.

Tableau 3

Teneur en matière organique (MO), hydrates de carbone non structurés (HCS), cellulose (Cel), hemicellulose (Hem), lignine (Lig) et N, P, et K des ordures, 1992.

Ordures	g kg ⁻¹							
	MO	HCNS	Cel	Hem	Lig	N	P	K
Fumier de mouton	867.8	69.0	241.7	112.2	109.1	13.8	2.6	8.2
Tiges de mil	955.6	99.4	501.3	213.8	132.6	7.2	1.3	15.0

Tableau 4

Effet d'un labour préalable sur le rendement de mil, Sadoré, Niger.

Régime du labour		Rendement en mil (Mg ha ⁻¹)			
		MS Totale	MS de la paille	MS de grains	IR %
1991	Sans labour	5.1	2.9	1.4	27.1
	Labour immédiat	5.9	3.2	1.7	28.9
	Labour 2 sem. plus tard	5.5	3.1	1.4	25.5
1992	Sans labour	2.3	1.2	0.7	28.6
	Labour immédiat	3.9	2.1	1.2	30.5
	Labour 2 sem. plus tard	3.9	2.2	1.2	30.7
	E T M	0.62	0.40	0.18	2.15

Tableau 5

Effet du type d'amendement sur le rendement du mil, Sadoré, Niger.

Amendements		Rendement en mil (Mg ha ⁻¹)			
		MS Totale	MS de la paille	MS de grains	# IR %
1991	Fumier + Urine	5.9	3.2	1.6	28.7
	Fumier	5.3	3.0	1.4	28.4
	Tiges de mil	4.6	2.6	1.2	25.5
	Cendres de tiges de mil	5.2	3.2	1.2	22.6
	Témoin	3.8	2.1	1.0	25.5
1992	Fumier + Urine	3.5	1.8	1.1	30.8
	Fumier	2.8	1.4	0.9	29.9
	Tiges de mil	3.6	2.1	1.0	28.5
	Cendres de tiges de mil	2.0	1.0	0.6	29.1
	Témoin	1.7	0.9	0.5	27.2
E T M		0.62	0.40	0.18	2.15

HI = MS de grains kg ha⁻¹ / MS totale kg ha⁻¹ * 100

Tableau 6

Matière organique (MO) restant du fumier et de tiges (pourcentage par rapport a initialement) en fin de saison sèche.

Amendement	Application	1991/1992			1992/1993		
		MO Res.	Equations	R ²	MO Res.	Equations	R ²
Fumier	Enfoui	43.4	y=80.82 - 0.2038X	0.15	14.5	y=94.03 - 0.3684X	0.38
	En surface	76.7	y=93.44 - 0.0927X	0.22	97.1	y=94.96 - 0.0223X	NS
Tiges	Enfoui	33.5	y=80.20 - 0.2266X	0.17	43.6	y=89.07 - 0.3379X	0.30
	En surface	55.9	y=96.72 - 0.2075X	0.51	91.5	y=96.55 - 0.0784X	0.20
*E T M ±		9.15			8.80		

*E T M sur la base des comparaisons possibles.

NS: non significative, si non toutes les fonctions linéaires significatives a P < 0.01.

MONTHLY RAINFALL AND TEMPERATURE DATA Sadore 1991

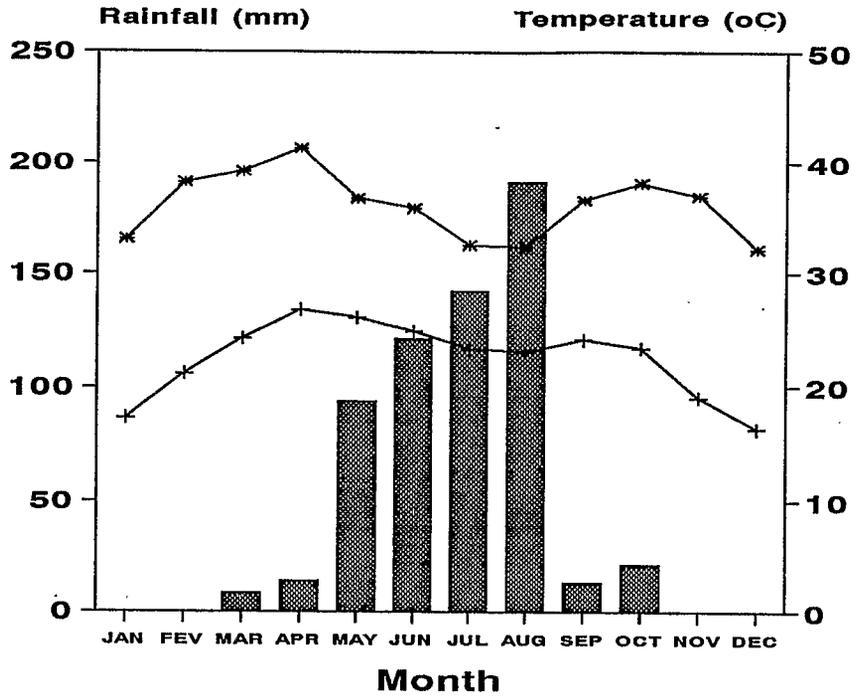


FIG. 1 ■ Rain + Temp mini * Temp maxi

1992

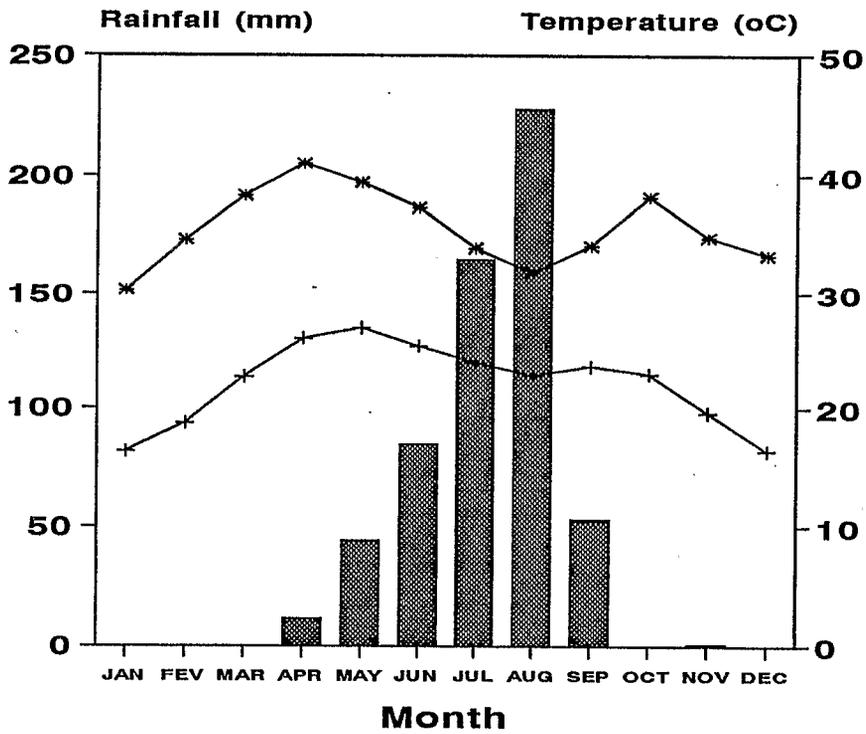


FIG. 2 ■ Rain + Temp mini * Temp maxi

Effet de l'apport d'amendement et de 3 niveaux d'engrais N sur le rendement de matière sèche du mil 1991. **LABOUR IMMEDIAT**

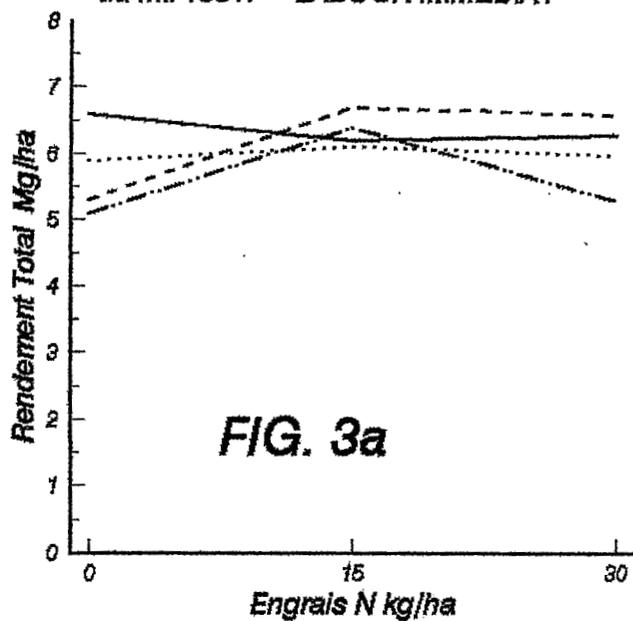


FIG. 3a

Fumier + urine Fumier uniquement
Tiges de mil Cendres de tiges de mil

LABOUR 2 SEMAINES PLUS TARD

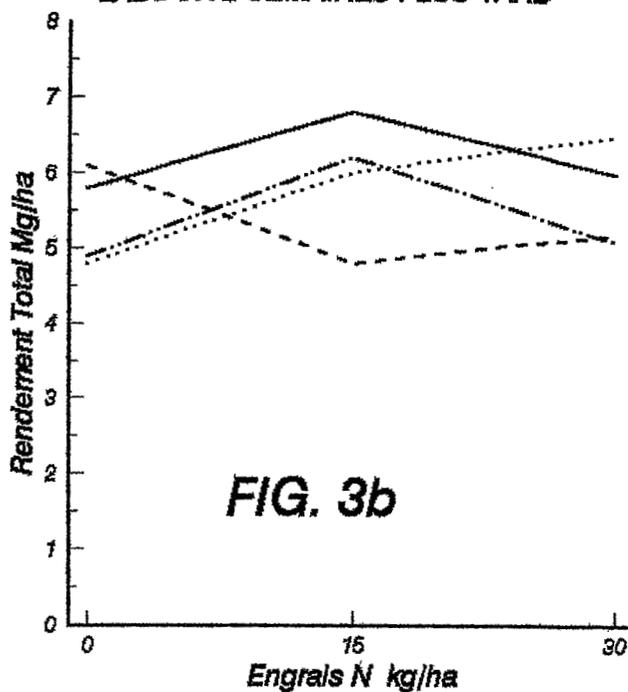


FIG. 3b

Fumier + urine Fumier
Tiges de mil Cendres de tiges de mil

SANS LABOUR

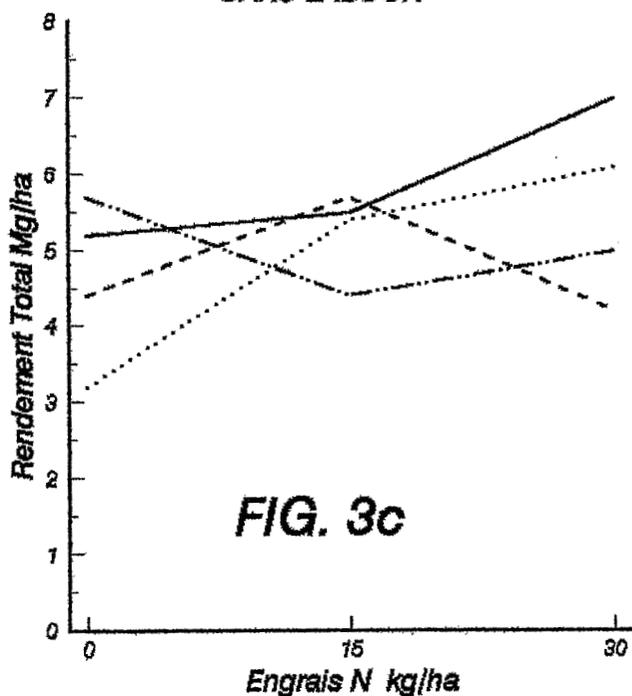
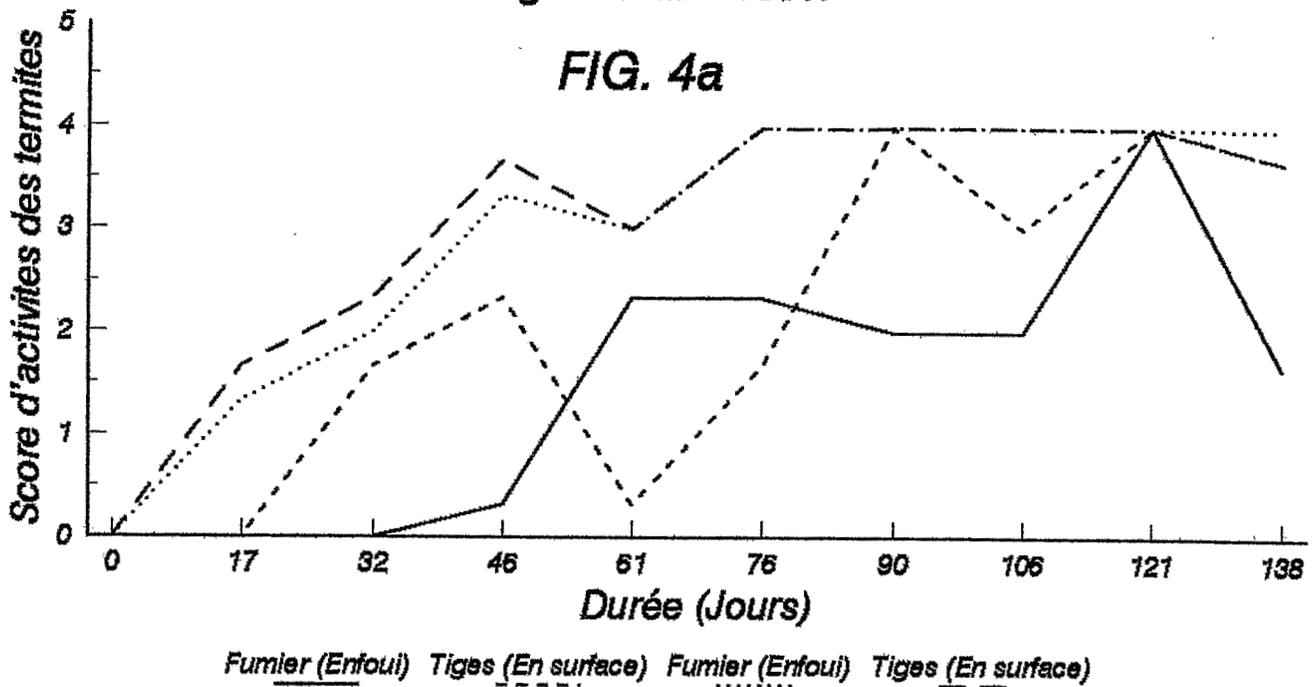


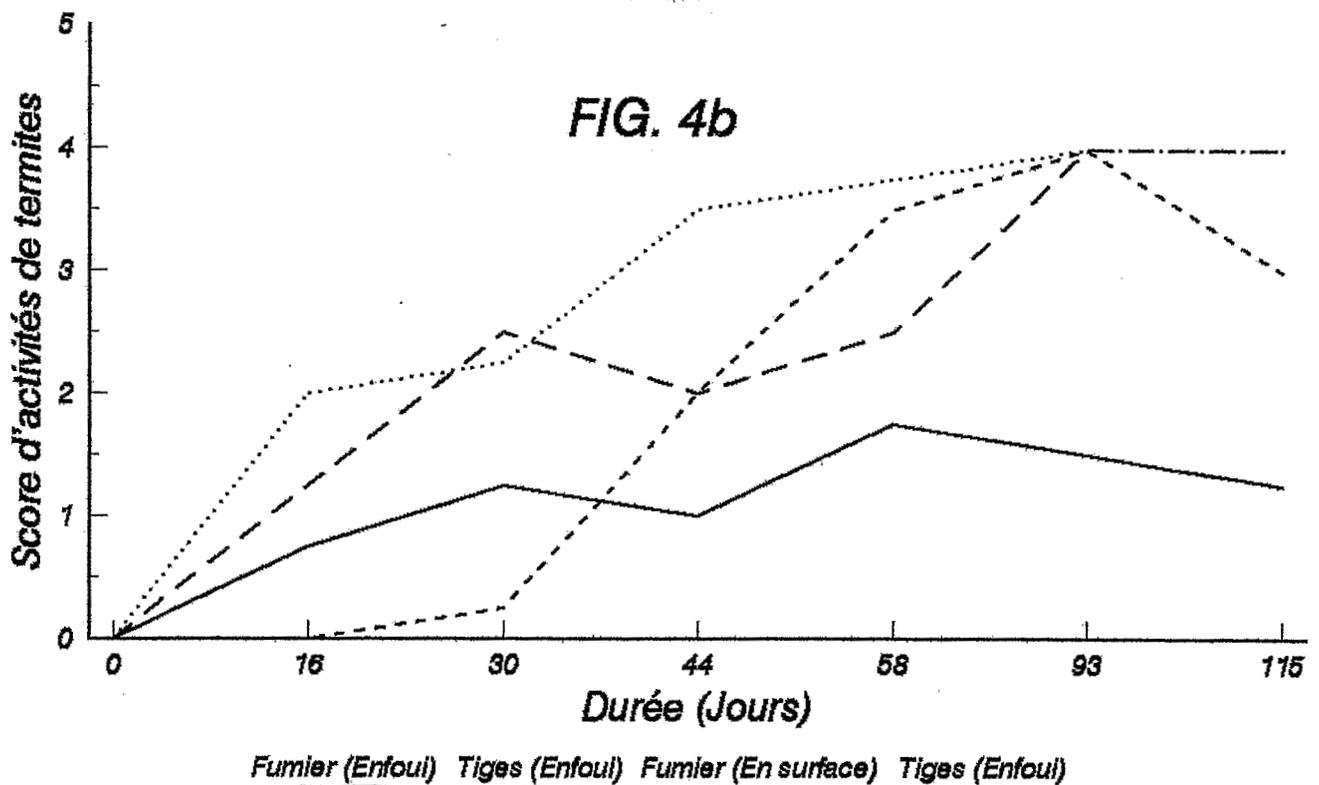
FIG. 3c

Fumier + urine Fumier
Tiges de mil Cendres de tiges de mil

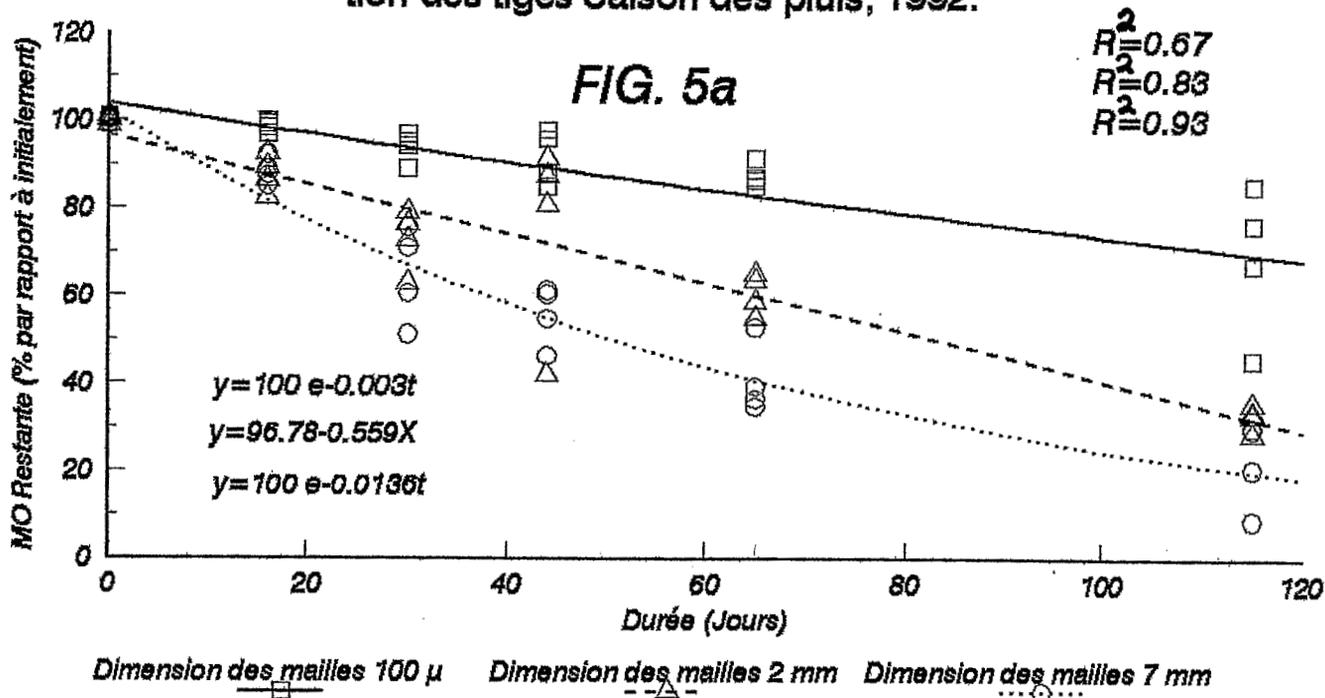
Activites des termites en saison pluvieuse sur
le fumier enfoui et appliqué en surface et les
tiges de mil 1991.



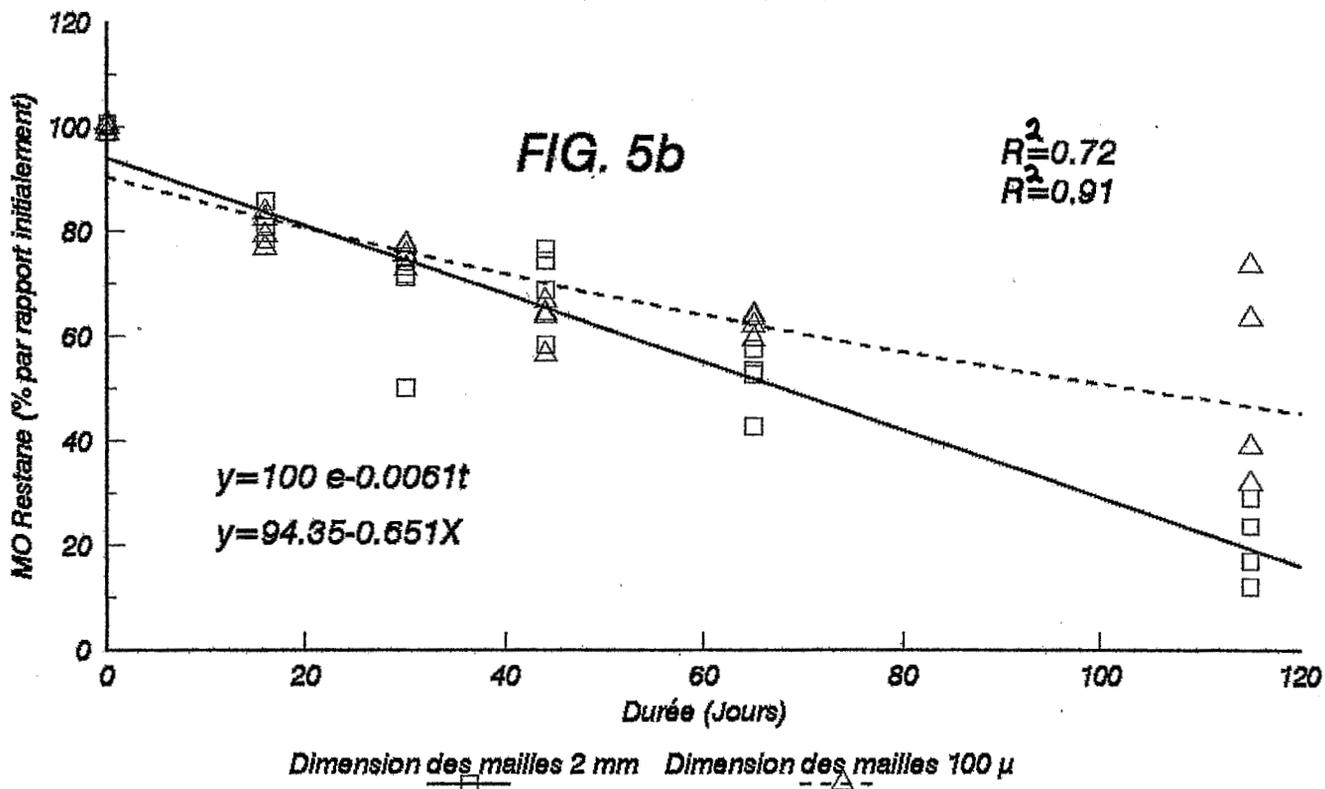
1992



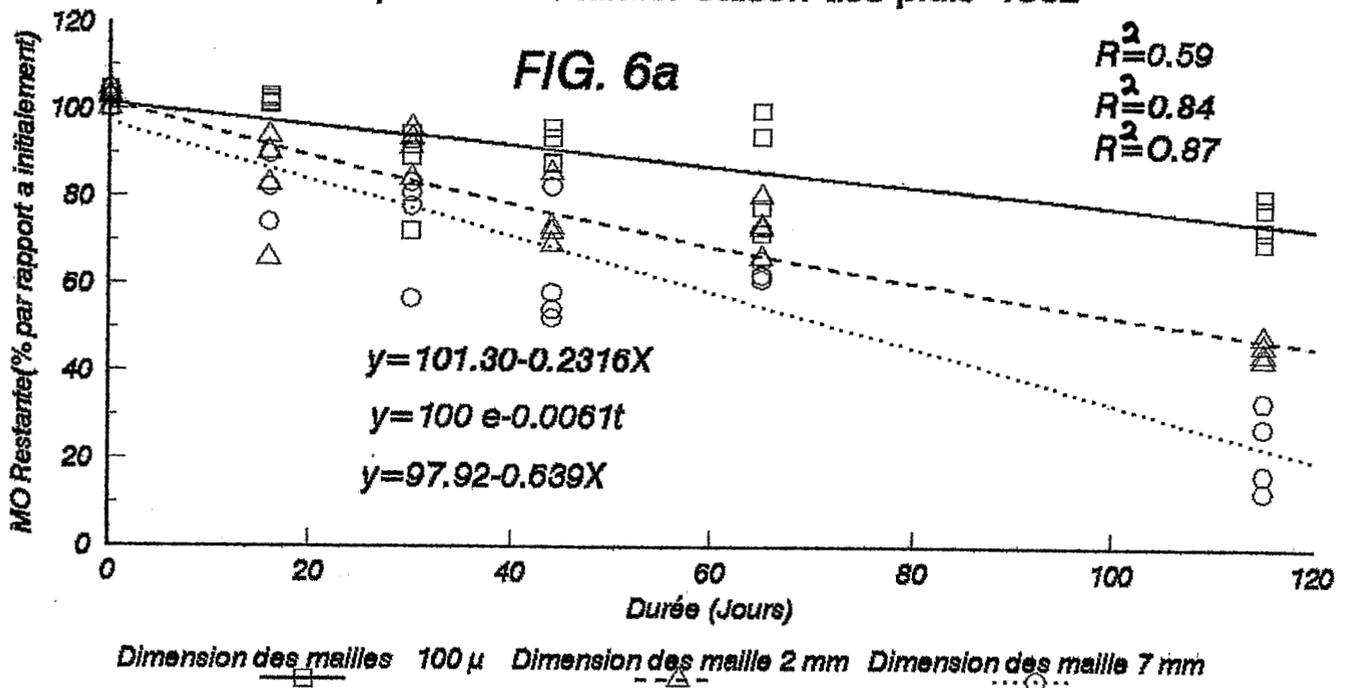
Effets des dimensions des mailles des sacs à ordures et de leur disposition sur la décomposition des tiges Saison des pluies, 1992.



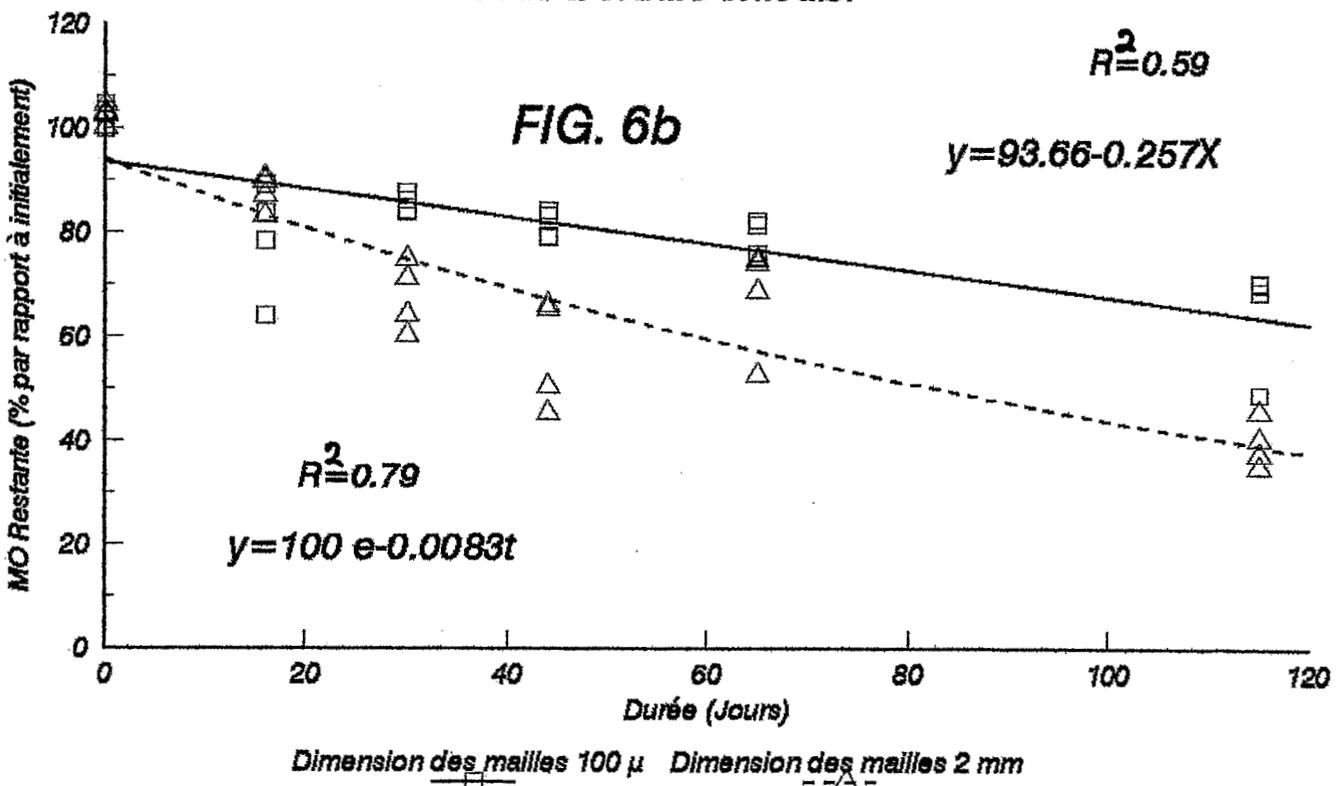
Sacs à ordure enfois



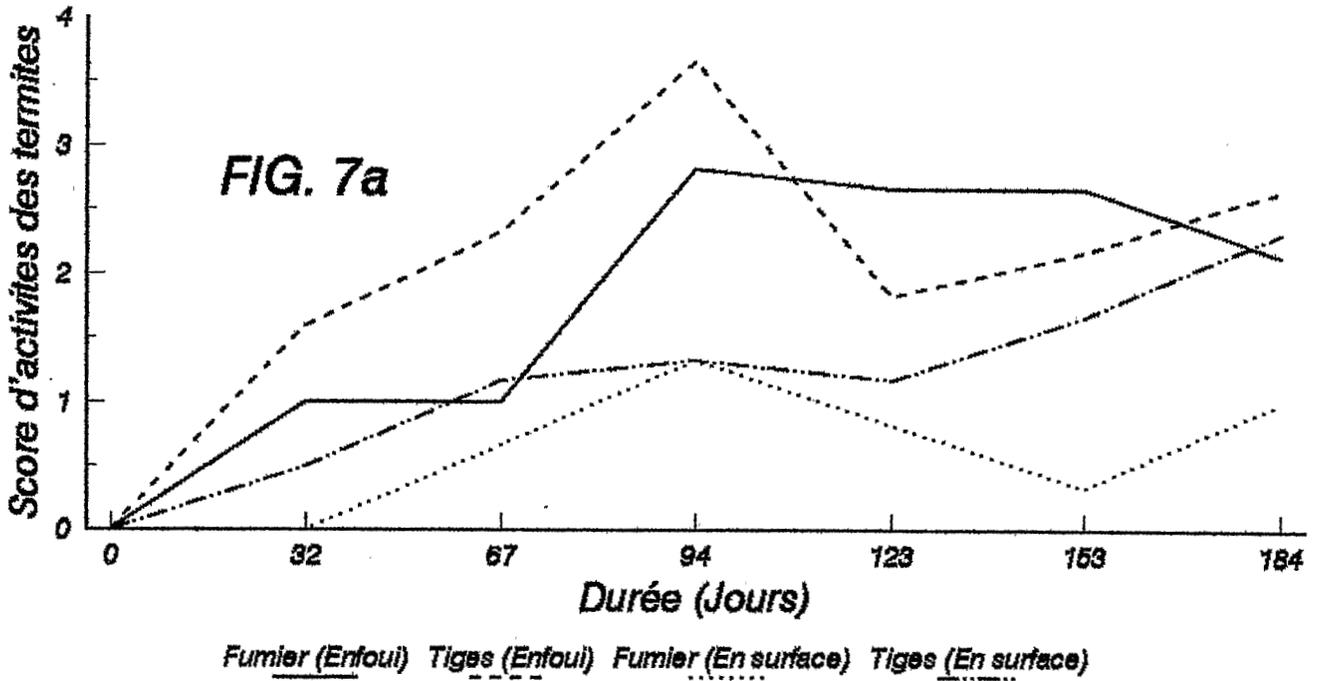
Effet des dimensions de mailles et de leur disposition (enfouis ou en surface) sur la décomposition de fumier Saison des pluies 1992



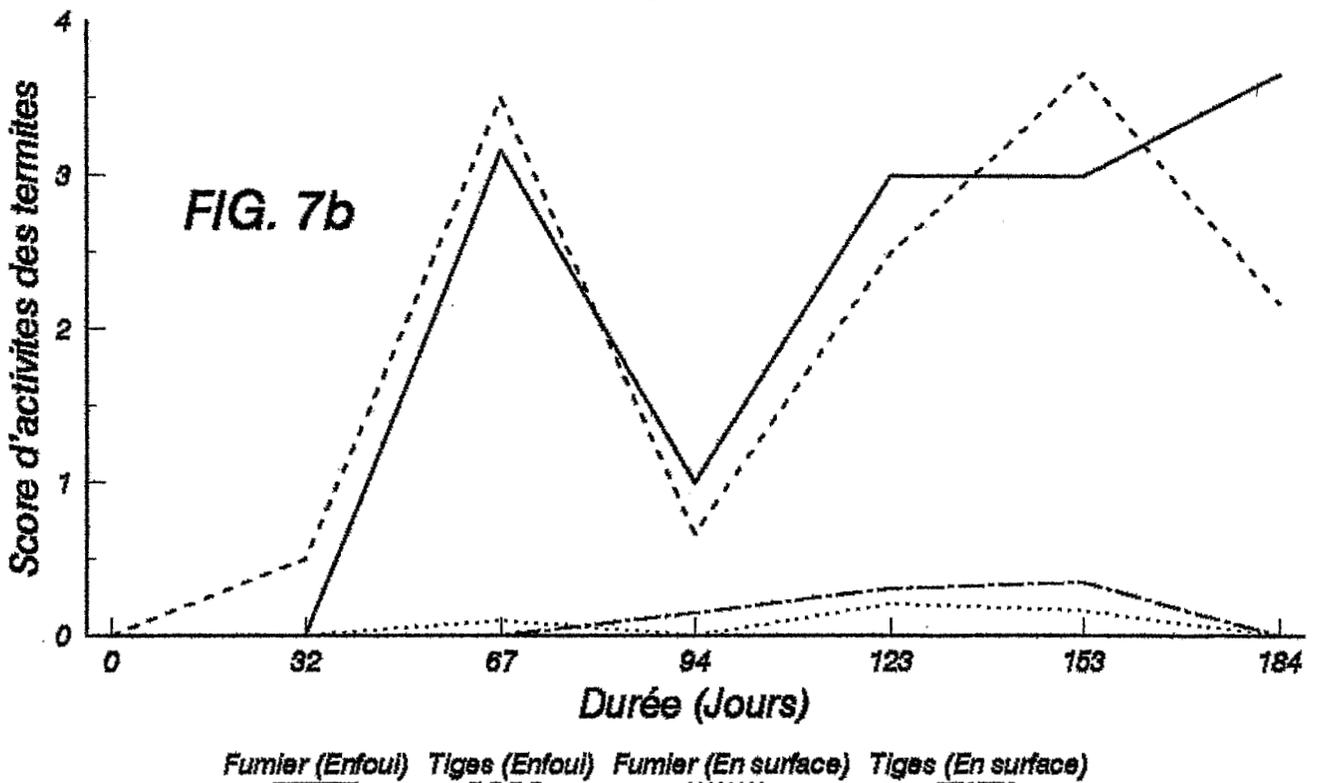
Sacs à ordures enfouis.



Activites des termites en saison sèche sur la
decomposition du fumier de mouton et des tiges
de mil 1991/1992.



1992/1993



**RESEAU
EROSION**



Référence bibliographique Bulletin du RESEAU EROSION

Pour citer cet article / How to cite this article

Ikpé, F. N.; Powell, J. M.; Isirimah , N. O. - Labour préalable et recyclage de substances nutritives dans des systèmes de production mixtes en zones semi-arides d'Afrique de l'ouest (SAWA), pp. 410-437, Bulletin du RESEAU EROSION n° 14, 1994.

Contact Bulletin du RESEAU EROSION : beep@ird.fr