



REPUBLIQUE DU SENEGAL
PRIMATURE

DELEGATION GENERALE
A LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

EFFET DE LA FERTILISATION AZOTEE (UREE) ET DE L'AMENDEMENT ORGANIQUE
(COMPOST) SUR LA PRODUCTIVITE DU SOL ET LA STABILISATION DE LA MATIERE
ORGANIQUE, EN MONOCULTURE DE MIL DANS LES CONDITIONS DES ZONES
TROPICALES SEMI-ARIDES

Par

F. GANRY et C. FELLER

Communication présentée au Séminaire régional sur le recyclage
organique en Agriculture, Buéa, Cameroun
5-14 décembre 1977

septembre 1977

Centre National de Recherches Agronomiques
de BAMBEY

Laboratoire de Pédologie de l'ORSTOM
DAKAR

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES
(I. S. R. A.)

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE
(O. R. S. T. O. M.)

Fonds Documentaire ORSTOM



010011910

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: B* 11910 Ex: 1

1977
Dep
FCL

EFFET DE LA FERTILISATION AZOTEE (UREE) ET DE L'AMENDEMENT ORGANIQUE (COMPOST) SUR LA PRODUCTIVITE DU SOL ET LA STABILISATION DE LA MATIERE ORGANIQUE, EN MONOCULTURE DE MIL DANS LES CONDITIONS TROPICALES SEMI - ARIDES

Par

F. GANRY*

C. FELLER **

RESUME

Les techniques mises en oeuvre pour augmenter la productivité céréalière doivent satisfaire à deux objectifs : amélioration du rendement et de la valeur nutritionnelle d'une part et maintien de la fertilité du sol d'autre part. Répondant à ce double souci, la présente étude a été réalisée, en monoculture de mil, à Bambey (Sénégal).

Effets induits par la monoculture du mil

Les résultats ont mis en évidence une productivité élevée de l'unité d'azote (dose optimale 90 N) croissante avec le nombre d'années de culture. L'effet de la fumure azotée est toujours accru en présence de compost enfoui ; la plus-value étant d'environ 300 kg/ha de grain, constante quelles que soient les doses d'N et l'année de culture. Ces apports d'azote, organiques et minéraux, ne sont cependant pas en mesure de pallier l'effet dépressif induit par la monoculture. Cet effet dépressif imputable certes, en partie, à une baisse de fertilité azotée du sol lorsque la fumure azotée est insuffisante, est dû aussi, vraisemblablement, à une phytotoxicité induite par la monoculture.

Rendement et valeur nutritionnelle en année sèche

Cette étude a montré que l'application judicieuse d'une fumure azotée et d'un amendement organique permet d'obtenir de hauts rendements jusqu'en deuxième année de culture, malgré une pluviométrie faible de 350 mm mais bien répartie. La valeur nutritionnelle des grains récoltés caractérisée par leur teneur en lysine, qui n'est pas diminuée sous l'action de la fumure azotée, est accrue par l'enfouissement de compost aux doses optimales d'azote en raison vraisemblablement de l'action favorable du compost sur la protéinisation.

Nécessité de l'amendement organique

Devant l'action spectaculaire de l'engrais azoté sur le rendement (+ 100 % en deuxième année) qui ne correspond pourtant pas à un coefficient d'utilisation réel élevé de cet engrais (il ne dépasse pas 25 %), les auteurs émettent l'hypothèse d'une action indirecte de

-
- * Ingénieur de Recherche à l'IRAT détaché à l'ISRA CNRA Bambey (Sénégal)
 IRAT : Institut de Recherches Agronomiques Tropicales,
 ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles.
- ** Chargé de Recherches à l'ORSTOM B.P. 1386 DAKAR (Sénégal)
 ORSTOM : Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer.

l'engrais azoté dans l'alimentation azotée du mil par la voie de la minéralisation ; hypothèse corroborée par les hauts pourcentages d'azote sol dans la plante dans le cas des fumures azotées optimales. Ce résultat met en valeur la nécessité d'apports organiques au sol pour améliorer l'alimentation azotée de la céréale en augmentant le stock d'azote minéralisable du sol. De plus, il a été montré qu'une augmentation notable du stock organique du sol ne s'observait que si l'apport de matière organique était associé à une fumure minérale et azotée.

PRESENTATION GENERALE DE L'ETUDE

De nombreuses études (*) ont mis en évidence, pour la zone tropicale sèche, l'extraordinaire rapidité de dégradation des sols, à la suite du défrichage de la végétation naturelle et de la mise en culture. Le maintien, et/ou l'amélioration durable de la fertilité de ces sols est un objectif essentiel de la recherche agronomique tropicale.

Les recherches entreprises depuis plusieurs années par l'IRAT sur ce vaste programme (PICHOT, 1975) ont mis en évidence l'importance de la matière organique dans le maintien de cette fertilité, et débouchent sur la recherche de techniques permettant d'accroître et de stabiliser le stock organique des sols cultivés de cette région.

En effet, et particulièrement pour les sols sableux, la matière organique constitue, un facteur d'amélioration des propriétés physiques du sol, une réserve d'éléments nutritifs, et permet, parfois, par des mécanismes spécifiques encore mal élucidés, l'augmentation des rendements cultureux par rapport aux seuls apports d'engrais chimiques.

Dans cette optique l'IRAT a mis en place en divers pays d'Afrique (en 1971, au Sénégal) un réseau d'essais dits essais "Rôle spécifique de la matière organique" consistant en l'application de doses croissantes d'azote en présence ou en absence de matière organique.

Nous rapportons ici les résultats d'une expérimentation mise en place depuis cinq ans au CNRA de BAMBEY (ISRA, Sénégal)(**) et consistant à suivre les effets d'enfouissements, pendant quatre années successives, d'un compost de paille de mil, en présence de différentes doses de fumure azotée, sur une culture continue de mil.

La première partie de notre exposé sera consacrée à la productivité du sol aussi bien sous son angle quantitatif (analyse des rendements cultureux) que qualitatif (aspect nutritionnel des récoltes). Nous appréhendons par là, les effets immédiats et à moyen terme, des techniques culturelles appliquées.

Dans la deuxième partie nous nous intéressons aux bilans de matière organique du sol après quatre années d'expérimentation, et abordons, ainsi, les effets à moyen terme de cette fertilisation.

(*) Pour le Sénégal, on peut citer les travaux de BOUYER (1959), DOMMERGUES (1956), FAUCK et al. (1969), FELLER et MILLEVILLE (1976), SIBAND (1974).

(**) CNRA : Centre National de la Recherche Agronomique.

MATERIEL ET METHODES

(communs à la première et à la deuxième partie)

L'expérimentation a été conduite au CNRA de Bambey sur un sol ferrugineux tropical peu lessivé (sol Dior). La pluviométrie moyenne entre 1972 et 1975 a été de 430 mm. L'espèce végétale considérée est le mil (Pennisetum typhoides Hubb et Staff). De 1972 à 1974, il s'agissait du Souna III, variété de structure traditionnelle à forte croissance végétative, en 1975, d'une population synthétique d'un mil nouvellement sélectionné à structure plus céréalière, de cycle plus court (75 jours semis-récolte au lieu de 90 jours).

Les traitements furent les suivants : 0,30, 90, 120, 150 kg/ha en présence ou en absence de compost de paille de mil.

Le compost est fabriqué en fosse à partir d'une paille de mil broyée (résidus d'environ 2 à 5 cm de longueur). Des couches de paille humide sont intercalées avec de minces lits de fumier qui sert d'inoculum. La durée du compostage est de 4 à 6 mois et le rapport C/N passe de 35 environ pour la paille de départ, à 20 pour le compost.

Le compost, apporté chaque année en fin de cycle (octobre), est enfoui par un labour profond à environ 20 cm en même temps que les quelques résidus de la récolte passée (tiges de mil non exportées). Les sous-parcelles (A) ont reçu en fin de saison des pluies dans les années 1971-1972-1973-1974, respectivement, 11,0; 15,0; 9,3 et 9,3 t/ha de matières sèches. Sur les sous-parcelles (S), seuls les résidus de la récolte passée sont annuellement enfouis par labour.

L'essai comprenait des parcelles élémentaires de 6 x 20 m, disposées en blocs, subdivisées en 2 sous-parcelles (A) et (S), avec six répétitions. Les éléments P et K furent apportés chaque année à raison de 100 kg/ha de P₂O₅ et de K₂O; S : 10 kg/ha. Des oligoéléments sous forme de nutramine ont été appliqués en première année (1972) à raison de 5 kg/ha. L'azote était sous forme d'urée et apporté en 3 fois au cours du cycle (1/5 au semis, 2/5 au démariage (10e-15e jour) et 2/5 en cours de montaison.

PREMIERE PARTIE

ANALYSE DES RENDEMENTS DU MIL EN MONOCULTURE

1 - ACTION DE LA FUMURE AZOTEE ET DE L'AMENDEMENT ORGANIQUE

11 - Rendement

L'accroissement de rendement dû à la fumure azotée est hautement significatif ; il augmente avec le nombre d'année de culture de mil : + 90 %, + 180 % et + 314 % d'augmentation pour la deuxième, la troisième et la quatrième années consécutives de culture de mil (graph. 1).

Cependant, pour une même dose d'azote, on enregistre, dans le temps, une décroissance continue des rendements, même aux fortes doses d'azote (graphique 2). L'augmentation dans le temps du paramètre "B" de la fonction quadratique du type $Y = A + BX + CX^2$ (tableau 1) traduit l'augmentation de la productivité des premiers kilos d'azote apportés, ce qui est la conséquence de la baisse de fertilité azotée du sol.

La valeur ajoutée à l'hectare procurée par la fumure azotée est illustrée au graph. 1 ; pour une dose d'azote donnée, cette valeur ajoutée est représentée par le segment de droite, exprimé en kg/ha de grain, compris entre la courbe de réponse et la droite d'équation $Y = Kx$ (K = rapport des coûts).

Les rendements sont améliorés en présence de paille compostée quel que soit le niveau d'azote mais il n'existe pas d'interaction "amendement organique x fumure azotée". Malgré cette augmentation de rendement, l'amendement organique (compost) n'est pas suffisant à maintenir le niveau de rendement initial. La productivité de l'unité d'azote reste pratiquement inchangée en présence ou absence d'amendement organique. Par contre à niveau de rendement constant, l'apport de cet amendement organique permettrait d'économiser de l'ordre de 30 kg d'azote (graph.1).

12 - Valeur nutritionnelle

Une étude antérieure (GANRY et BIDEAU, 1974) avait permis de caractériser la valeur nutritionnelle du mil récolté en 1973 dans le cadre de cette expérience. Voici, résumés, les résultats saillants de cette étude.

- La fumure azotée provoque un accroissement global des protides du grain de mil ; la production de protides à l'hectare est une fonction linéaire croissante de la dose d'azote, même jusqu'à 150 N. Cependant, il apparaît que les acides aminés, singulièrement ceux considérés comme indispensables * tels que la lysine, baissent dans les protides sous l'action de la fumure azotée ; néanmoins la teneur en lysine du grain** reste inchangée et la production de lysine à l'hectare est une fonction linéaire croissante de la dose d'azote.

(*) Acides aminés indispensables à l'Homme et au rat.

(**) Il est important toujours de spécifier si la teneur en lysine est exprimée par rapport aux protides ou par rapport à la matière sèche du grain.

- L'enfouissement de compost a un effet positif sur la teneur en protéides du grain à tous les niveaux d'azote sauf forte dose. Sur la teneur en lysine, cet effet positif ne se manifeste qu'aux doses de 60 et 90 N. Cette amélioration de la valeur nutritionnelle du grain, fondée sur le critère de la teneur en lysine, a été corroborée par l'établissement de courbes de croissances animales de rats* nourris avec ce grain. Cet effet spécifique du compost sur la valeur nutritionnelle des grains a pu être expliquée par l'analyse d'extraits de tissus conducteurs du mil (SIBAND et GANRY, 1976). Ces auteurs ont montré que l'azote apporté seul avait un effet assez fugace et ne modifiait que peu la nutrition du mil. Le compost stimulait la fourniture de nitrate, la prolongeait et favorisait la formation de protéines. L'effet variable avec l'apport d'azote, sur la valeur nutritionnelle du grain, s'explique assez bien par la faible contribution du compost à la fourniture d'azote à l'absence de cet élément dans la fumure.

2 - CAUSES PROBABLES DE LA BAISSSE DE RENDEMENT DU MIL INDUITE PAR LA MONOCULTURE

Cette baisse de rendement dans le temps, ci-devant signalée, est imputable au facteur "monoculture de céréale".

En effet, des observations faites sur une culture de mil au champ, en rotation avec une culture d'arachide, ont montré que les rendements n'étaient pas affectés dans le temps (PIERI, 1977). La première cause invoquée est la baisse de fertilité azotée du sol, mais elle n'est pas suffisante ; d'autres causes, telles que phytotoxicité, doivent être recherchées.

21 - Baisse de la fertilité azotée

*pour Celle-ci est clairement mise en évidence par la graphique 2. Par rapport à un niveau de production de référence obtenu par une fumure azotée considérée comme optimale (90 N), il apparaît que les niveaux de production décroissent dans le temps, et ce d'autant plus que la fumure azotée est plus faible, mais que cette décroissance tend à se réduire dans le temps, vraisemblablement s'annuler lorsque le système sol-plante aura atteint un nouvel état d'équilibre (équilibre du bilan de l'azote puisque les autres éléments sont à leur optimum). A cet égard, en extrapolant pour l'année 1976 (graph. 2), on peut considérer qu'après 5 années de culture continue de mil les niveaux de rendement se seraient stabilisés (il s'agit bien sûr d'une stabilisation relative). En fonction des doses d'azote de 90 N, 60 N, 30N et 0N les niveaux de production, exprimés en pour cent de la production avec 90 N, seraient respectivement de 100, 85, 60 et 20.

Une étude antérieure a mis en évidence que dans les conditions de culture de l'année 1974, la dose apte à compenser les exportations totales d'azote par la culture, était de 60 N ; ceci revient à dire, théoriquement, qu'au delà de cette dose, le processus de dégradation de la fertilité azotée du sol est stoppé, ce qui est corroboré dans cette étude par la stabilisation du niveau de production à partir de 1974 (correspondant au début du pallier de la courbe 60 N du graphique 2).

Importance de l'azote provenant de la matière organique dans l'alimentation azotée de la céréale

Dans le cadre de la présente expérimentation, l'utilisation de la technique azote 15 en 1972 et en 1975 (voir tableau 2) avait montré que pour la dose d'azote permettant d'obtenir le rendement maximum : 120 N en 1972 et 90 N en 1975, la part d'azote-sol (par opposition à l'azote-engrais) dans l'azote total était de 75,7 % (année 1972) et 76,9 % (année 1975) sur parcelles avec compost, et de 65,0 % (année 1972) et 68,3 % (année 1975) sur parcelles sans compost. Cette augmentation de l'azote-sol en pourcentage et en quantité* dans le mil est à mettre en relation avec une augmentation notable du rendement. Ces résultats obtenus dans des essais au champ, montrent que l'expression du rendement maximum sous l'action d'une forte dose d'azote-engrais requiert une fourniture d'azote-sol comprise entre 65 et 80 % de l'azote total de la plante. Ce résultat primordial, met en lumière l'importance du stock d'azote organique minéralisable dans le sol.

On peut alors se demander quelle est l'importance de la fumure azotée pour l'obtention de hauts rendements. Le coefficient d'utilisation réel de l'engrais-azoté, en 1975, était compris entre 18 et 27 % (tableau 2) donc très faible. Néanmoins, la réponse du mil à cet engrais-azoté, a été importante (graph. 1C). Dans ces conditions, il est peu vraisemblable que l'action spectaculaire de l'engrais azoté sur le rendement soit due à la fourniture directe au mil de cet azote-engrais, faiblement absorbé.

On note aussi qu'une moins bonne alimentation azotée du mil (fondée sur le critère de l'azote total de la plante) corrélative d'une moins bonne alimentation en azote-sol, celle par exemple de la culture sans compost par rapport à la culture avec compost, n'implique pas une meilleure alimentation azotée aux dépens de l'azote engrais pourtant apporté à dose d'azote-engrais identique dans les cultures sans et avec compost (tableau 2).

Ces observations, apparemment paradoxales, suggèrent que l'engrais azoté a d'abord une action positive directe sur la fourniture par le sol d'azote d'origine organique et secondairement, alimente directement la plante en azote-engrais.

La productivité du sol serait régie par la capacité de ce sol à fournir de l'azote minéral à la plante donc par l'importance de son réservoir d'azote minéralisable. L'engrais azoté ne serait pas, alors, en mesure de suppléer efficacement une déficience du sol en cet azote minéralisable mais valoriserait les apports organiques susceptibles de reconstituer ce stock d'azote minéralisable.

En corollaire, on montre le risque de dégradation de la fertilité azotée du sol en monoculture de mil sans restitutions organiques. Cette dégradation serait cependant d'autant moins forte que la fumure azotée serait plus élevée en raison de l'action génératrice en résidus organiques (racines + défoliation) de celle-ci. Cette dernière remarque permettrait d'expliquer que la baisse, dans le temps, des niveaux de production du mil soit d'autant moins forte que la dose d'azote est plus élevée (graph. 2).

* sous l'action du compost.

22 - Hypothèse de l'effet dépressif dû à une phytotoxicité phénolique

Cette hypothèse s'est vérifiée dans le cas des cultures réputées de sorgho au Sénégal (BURGOS Léon, 1977) et aussi dans le cas d'enfouissement de résidus de récolte de mil (GANRY, ROGER et DOMMERGUES, 1977). Ces derniers auteurs citent également des cas de phytotoxicité dans les sols cultivés en canne à sucre et en riz. Sur blé (DZHUMALIAVA et al, 1976) ont mis en évidence que la monoculture induisait une accumulation de composés phénoliques dans le sol et dans les plantes, ayant un effet inhibiteur sur la croissance végétale et l'activité biologique du sol. Dans ces conditions, il est très vraisemblable qu'un phénomène identique soit impliqué dans la baisse de rendement du mil réduite par la monoculture de mil.

CONCLUSION

Cette étude montre que l'intensification de l'agriculture soudano-sahélienne est possible moyennant la mise en oeuvre de techniques d'amendement organique et de fumure azotée. L'amendement organique appliqué seul (en l'occurrence le compost de paille de mil), ne permet pas d'obtenir des rendements élevés bien qu'il apporte au sol, en azote, l'équivalent d'une forte fumure azotée (environ 120 N). Mais ces résultats ne sont pas nouveaux; n'est pas nouveau également l'effet dépressif induit par la monoculture, lequel mis en évidence depuis longtemps, avait abouti à la pratique de la rotation avec jachère et/ou légumineuse.

Par contre, les résultats de la présente étude ont permis de dégager un certain nombre de concepts fondamentaux relatifs à l'alimentation azotée de la céréale en sols sableux tropicaux, sols dior notamment.

1 - En fumure azotée optimale, l'alimentation de la céréales s'effectue environ aux 3/4 à partir de la matière organique du sol. La matière organique constitue donc une réserve d'éléments fertilisants, dont l'azote, pour les plantes.

2 - La fumure azotée (azote-engrais) jouerait un rôle primordial dans la fourniture à la plante de l'azote provenant de cette réserve organique (azote-sol).

3 - A fumure azotée constante, lorsque l'absorption de l'azote-sol diminue, la plante ne compense pas cette moindre absorption par une plus grande absorption d'azote engrais.

De ces trois concepts, il découle que la restitution au sol des résidus organiques est indispensable pour maintenir une réserve en azote minéralisable de l'importance de laquelle dépendrait l'importance des rendements.

Des questions restent cependant posées

1- Les enfouissements de paille non compostée permettraient-ils d'obtenir les mêmes résultats ? Il est vraisemblable que dans le cas de la paille, les conditions pédoclimatiques et les modalités d'enfouissement auraient une action déterminante, positive ou négative, sur les rendements.

2- Pourquoi l'engrais azoté apporté à forte dose, et de plus fractionné en trois apports en cours de cycle, n'est-il pas absorbé à plus de 25 % par la plante entière ? Cela résulte-t-il d'une anomalie de la céréale ou alors est-ce la conséquence d'autres processus d'évolution de l'engrais azoté dans le sol (immobilisation microbienne, dénitrification). A cet égard la notion d'efficience de l'engrais azoté (pourcentage d'immobilisation dans le sol + coefficient d'utilisation) ne serait-elle pas préférable à la simple notion de coefficient d'utilisation ?

Année	Sans compost	Avec compost
1973	Courbe moyenne $Y = 1727,5 + 17,6 X - 0,060 X^2$	
1974	$Y_1 = 804,9 + 18,1 X - 0,057 X^2$ $r_1 = 0,92$	$Y_2 = 1281,1 + 15,0 X - 0,047 X^2$ $r_2 = 0,92$
1975	$Y_1 = 440,7 + 21,1 X - 0,08 X^2$ $r_1 = 0,85$	$Y_2 = 743,9 + 21,9 X - 0,09 X^2$ $r_2 = 0,83$

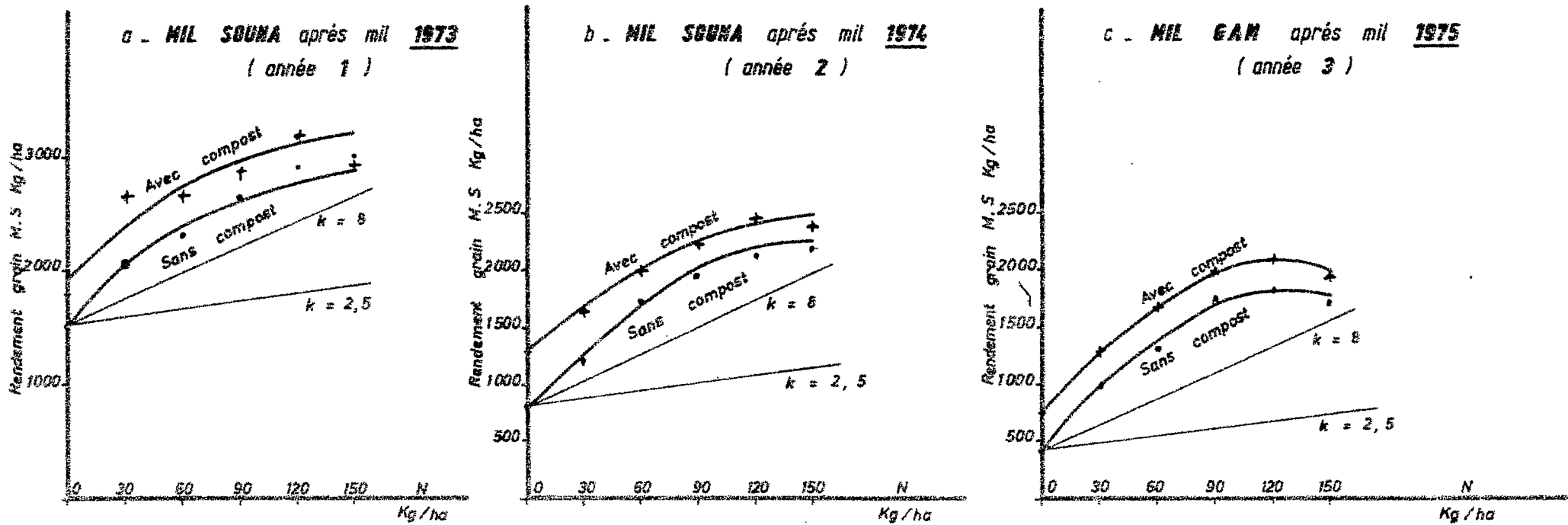
Tableau 1 : Equation des fonctions de production illustrées au graph. 1

• Pour l'année 1973, les 2 courbes Y_1 (sans compost) et Y_2 (avec compost) se déduisent de la courbe ~~Y~~ moyenne Y , par translation.
• Le coefficient de corrélation est représenté par r .

Traitements		Coefficient d'utilisation réel de N engrais	Pourcentage N total plante dérivé du sol	N sol kg/ha	N engrais kg/ha	N total kg/ha	Matière sèche kg/ha
0 N	A	//////////	100	36,7	//////////	36,7	5164
	S	//////////	100	19,4	//////////	19,4	3108
30 N	A	18,0	88,8	44,4	5,3	49,7	8185
	S	19,2	82,8	27,4	5,7	33,1	5365
90 N	A	27,1	76,9	79,8	24,1	103,9	12654
	S	23,2	68,3	43,7	20,6	64,3	9606

Tableau 2 : Principales caractéristiques, obtenues grâce à l'azote 15, permettant de caractériser la nutrition azotée du mil cultivé au champ en 1975 (chaque valeur est la moyenne de 5 répétitions).

Graph. 1. REPONSE DU MIL A LA FUMURE AZOTEE A BAMBEY



Les droites ont pour équation $y = kx$

Elles représentent le lieu des points d'équivalence monétaire

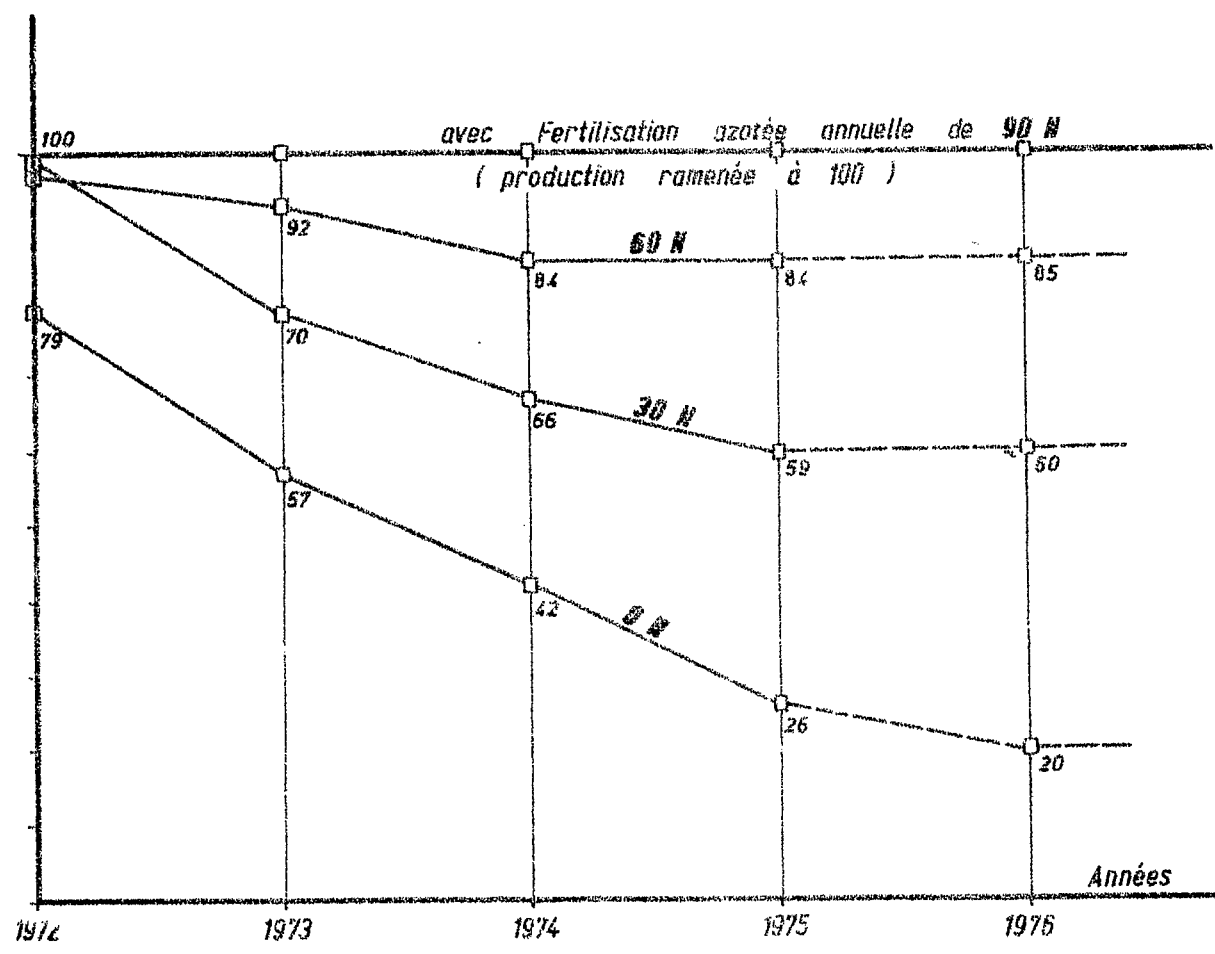
"apport d'azote" et "rendement" dans un système des prix

tel que $k = \frac{\text{coût urée}}{\text{prix du mil}}$

11

Graph. 2 - ILLUSTRATION DE LA BAISSSE DE RENDEMENT SUR
4 ANNEES CONSECUTIVES EN FONCTION DE LA DOSE D'AZOTE
APPLIQUEE (EN ABSENCE DE RESTITUTION ORGANIQUE)

Les niveaux de production sont exprimés en pour cent de la production avec fertilisation de 90 N .



DEUXIEME PARTIE

ANALYSE DU BILAN ORGANIQUE DU SOL

1 - PRELEVEMENTS ET METHODES D'ANALYSE (détails techniques en annexe)

Les prélèvements pour cette partie de l'étude porte sur huit sous-parcelles d'un même bloc, ayant reçu du compost, et différentes doses d'engrais azotés. Leurs principales caractéristiques sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Traitement (*)	Fumure minérale d'entretien (P,K,S)	Fumure azotée kg/ha	Apports de compost
1A	non	0	oui
1S	oui	0	non
2A	oui	0	oui
2S	oui	0	non
4A	oui	60	oui
6A	oui	120	oui
7A	oui	150	oui
7S	oui	150	non

(*) A signifie : avec apports de compost

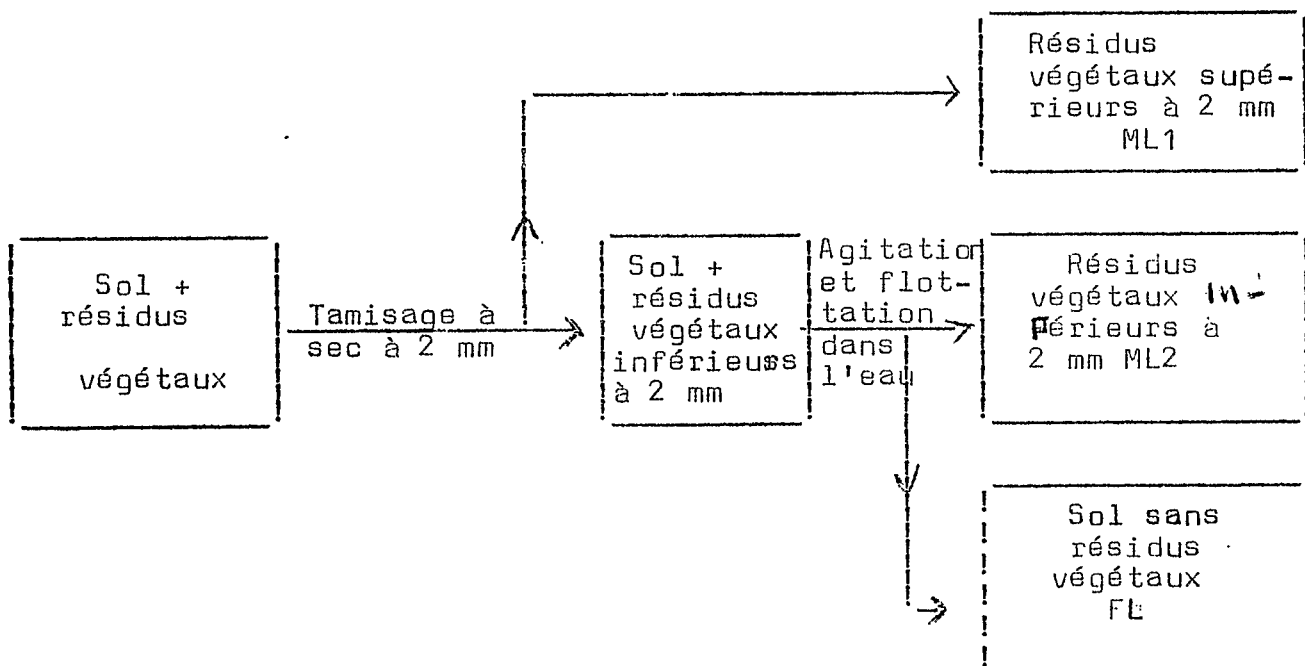
S signifie : sans apports de compost.

En décembre 1976, date à laquelle est effectuée ce travail, aucun apport de compost n'a accompagné le labour de fin de cycle, si bien que les prélèvements étudiés ici permettent de faire le bilan organique de quatre années de culture, avec, et sans apports de compost.

Par suite de la technique d'enfouissement utilisée (labour) la distribution spatiale de la matière organique est extrêmement hétérogène, et nous a obligé à une étude statistique préalable pour déterminer l'importance des prélèvements à effectuer sur chaque traitement. Celle-ci a montré que 60 prélèvements à la bêche (environ 240 kg de sol), sur une profondeur d'environ 20 cm, sont nécessaires pour estimer le poids de résidus végétaux de taille supérieure à 2 mm (fraction ML1) avec un intervalle de confiance d'environ 16 % à la probabilité $P = 0,05$.

L'échantillon de sol prélevé est fractionné en :

- résidus végétaux de taille supérieure à 2 mm (fraction ML1)
- résidus végétaux de taille inférieure à 2 mm (fraction ML2)
- sol débarrassé de l'ensemble des matières organiques libres ML1 et ML2, et appelé "fraction liée" (FL).



Les résultats, pour chaque fraction organique, sont exprimés en $C^{\circ}/_{\infty}$ du poids de sol.

2 - RESULTATS

La figure 1 permet de suivre les variations absolues des teneurs en carbone et la figure 2 d'apprécier les variations relatives des différentes fractions des traitements avec compost par rapport au carbone total des traitements sans compost.

21 - Proportions relatives des différentes fractions

Les fractions ML1 ne représentent que 2 à 3 % du carbone total alors que les fractions ML2 (20 à 35 %) et FL (60 à 80 %) en constituent l'essentiel.

Bien que l'apport de matière organique soit effectué sous la forme de résidus végétaux supérieurs à 2 mm (ML1), ceux-ci disparaissent pratiquement au cours de la saison des pluies, et ne participent, finalement, au bilan du carbone, sous leur taille initiale, que pour une part infime.

22 - Evolution des différentes fractions en fonction des traitements

De l'observation des figures 1 et 2 il ressort que :

- 1/ - Pour les témoins sans compost, les teneurs en carbone des différentes fractions restent constantes quelles que soient les doses d'azote et de fumure minérale (traitements 1S, 2S, 7S) ;
- 2/ - Hormis le traitement 1A pour lequel on observe une diminution de la fraction liée et du carbone total par rapport au témoin (v. fig.2), dans les autres cas, le compost enrichit le sol en carbone dans toutes les fractions ;
- 3/ - On note un effet spectaculaire de l'azote sur les fractions ML2 et FL des traitements avec compost, puisque la variation du carbone apparaît proportionnelle à la dose d'azote. L'augmentation va jusqu'à 110 % pour la dose 150 kg/ha, et représente 100 % à la dose 90 kg/ha qui est souvent retenue dans les études de fertilité pour les sols du CNRA de Bambeï. Aucune variation, par contre, n'est observée pour la fraction ML1 et l'augmentation par rapport au témoin est très faible ;
- 4/ - Même sans azote, le compost associé à la seule fumure minérale d'entretien (P, K, S) permet l'accroissement de 25 % du carbone total (v. fig. 2, traitement 2A). Par contre, l'apport de compost en l'absence de fumures minérales et azotées (v. fig. 2, traitement 1A), entraîne une diminution notable de la fraction liée FL et donc du carbone totale (les fractions ML1 et ML2 restent à peu près constantes).

3 - DISCUSSION ET CONCLUSIONS DE LA DEUXIEME PARTIE

De l'ensemble des résultats se dégagent les faits suivants :

- 1/ - dans le cadre de cette expérience, l'amélioration du stock organique nécessite un amendement organique (compost en l'occurrence). Toutefois, celui-ci doit être, au minimum, associé à une fumure minérale d'entretien, sinon l'effet inverse à celui attendu est observé, puisqu'il y a diminution du carbone total ;

2/ - L'enrichissement en carbone apparaît d'autant plus grand que l'enfouissement est combiné à des apports azotés importants. Diverses hypothèses peuvent être invoquées pour interpréter cet effet, parmi lesquelles :

a/ - le rôle nutritionnel du compost

En l'absence d'azote et de fumure minérale, le compost fonctionne comme une réserve d'éléments nutritifs pour la microflore(*) et secondairement la plante. Son rôle humificateur est alors négatif (traitement 1A), ou faible (traitement 2A). Par contre, en présence de forts apports minéraux, les besoins azotés de la microflore sont assurés en partie par l'engrais et les processus d'évolution du compost sont alors orientés vers l'humification plutôt que vers la minéralisation.

b/ - le rôle protecteur de l'azote

La présence d'azote permet la synthèse de composés humiques stables, à la surface ou au sein même des résidus végétaux, qui peuvent exercer un effet protecteur vis-à-vis de l'action minéralisatrice de la microflore.

c/ - l'accroissement du système racinaire

La présence simultanée d'azote et de compost accroît la production végétale, racinaire en particulier, et permet ainsi indirectement, d'augmenter les apports de matière organique au sol sous forme de résidus de racines.

3/ - Les fractions bénéficiaires sont les deux fractions les plus humifiées (ML2 et FL), la fraction ML1 n'intervenant pratiquement pas dans les bilans de carbone.

Ces premiers résultats, relativement spectaculaires (multiplication par deux des teneurs en carbone aux fortes doses d'azote) dans les conditions tropicales où les phénomènes de minéralisation sont intenses, incitent à formuler un certain nombre de questions, à savoir :

- 1/ - Pour une pratique culturale donnée (nature de la végétation et des techniques culturales), quelle est la stabilité de la matière organique formée ? En d'autres termes, quel sera le temps nécessaire pour revenir au niveau organique de départ si l'on cesse les amendements organiques ?
- 2/ - Quelle est la relation optimale, $\frac{\Delta M.O}{\Delta t} = f(C, N)$, à déterminer pour élever la teneur en matière organique (M.O.) d'un sol jusqu'à un niveau donné préalablement défini en fonction de critères économiques et/ou agronomiques ?

(*) Le compost utilisé contient 1,2% d'azote et un enfouissement de 10t/ha correspond donc à un apport azoté d'environ 120 kg/ha. On sait par ailleurs (SIBAND et GANRY, 1976) que le compost ne participe que faiblement, en absence de fumure azotée, à la nutrition de la plante et seule la nutrition microbienne est à prendre ici en considération.

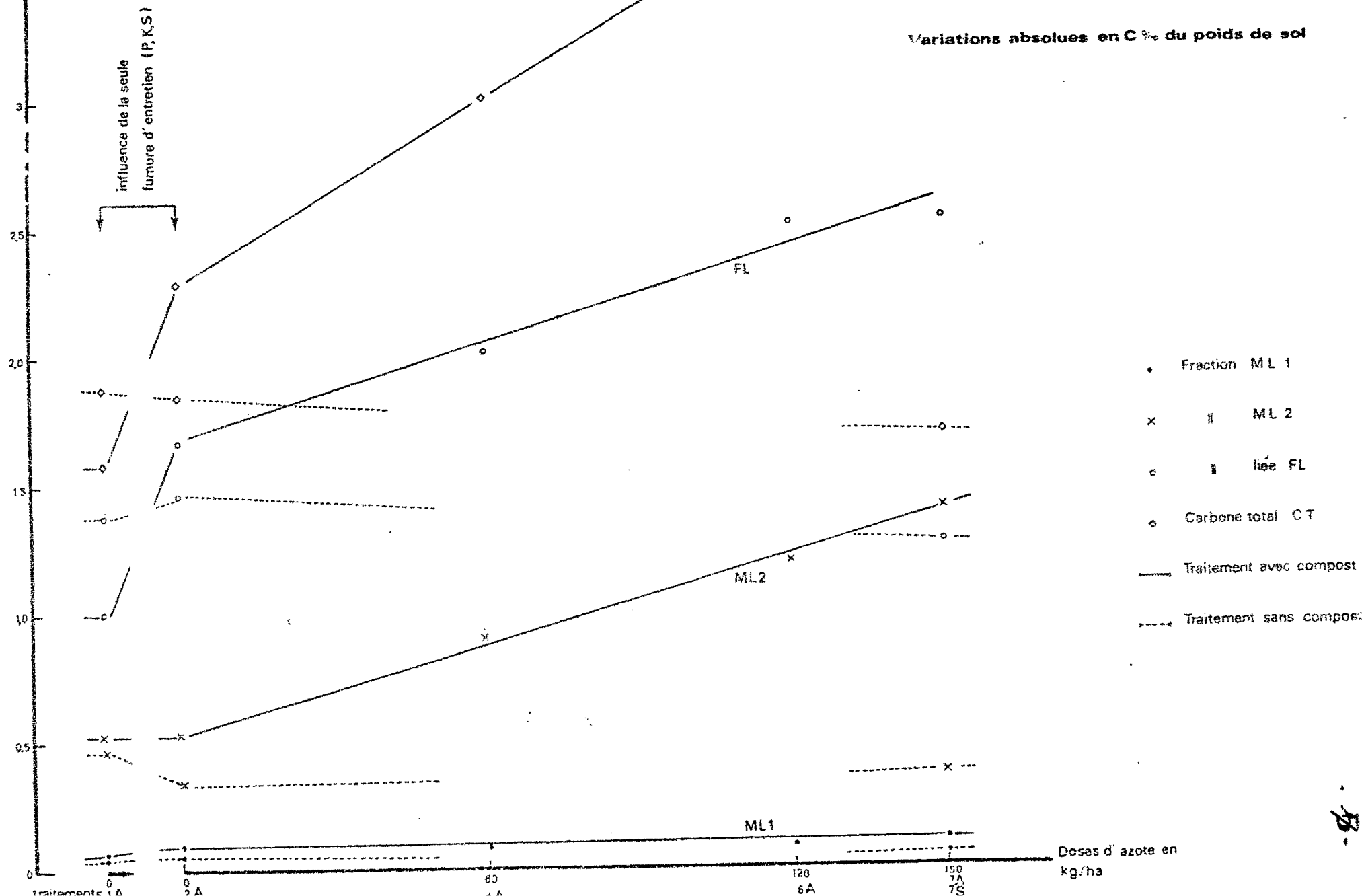
3/ - Les mêmes objectifs peuvent-ils être atteints avec des substrats organiques autres que le compost ? Corrélativement, quel est le rôle du substrat sur les processus évolutifs de la matière organique ?

La suite donnée à cette étude doit permettre de répondre, tout au moins en partie, à ces questions.

C% du poids de sol

FIG. 1 - BILANS DU CARBONE EN FONCTION DE DOSES CROISSANTES D'AZOTE

Variations absolues en C% du poids de sol



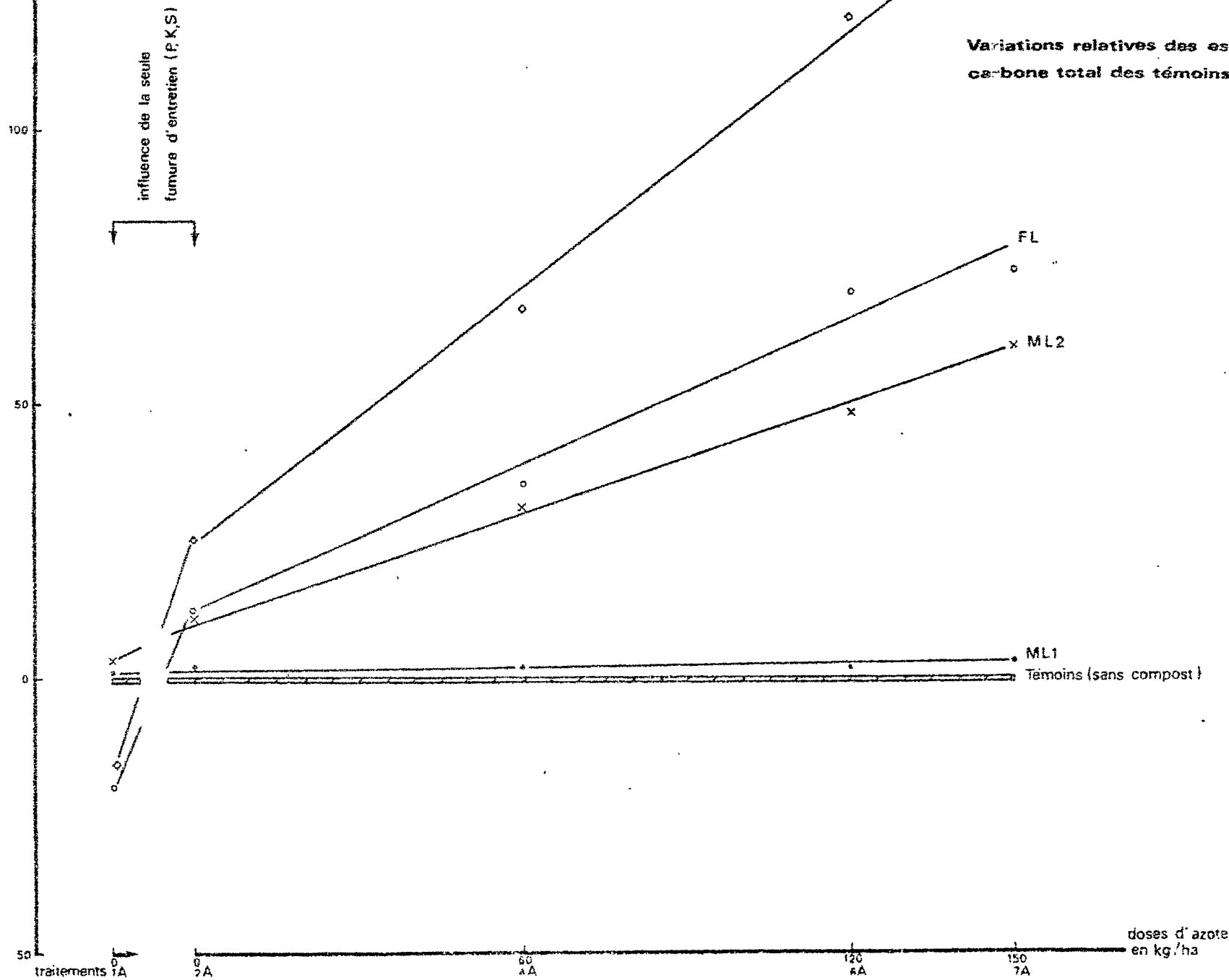
Handwritten marks: a signature and the number '18'.

% du carbone total
du témoin

FIG.2

BILANS DU CARBONE EN FONCTION
DE DOSES CROISSANTES D'AZOTE

Variations relatives des essais avec compost en % de
ca-bone total des témoins (essais sans compost)



50

CONCLUSIONS GENERALES

Les résultats présentés ci-dessus montrent que :

- des rendements moyens à élevés peuvent être obtenus à l'aide de la seule fumure azotée mais qu'un enfouissement annuel de compost permet une économie d'engrais notable pour ces mêmes rendements (économie de l'ordre de 30 N). Par contre, le seul enfouissement de compost ne permet pas l'obtention de rendements élevés bien que ce compost ait apporté, en azote, l'équivalent d'une forte fumure (environ 120 N) ;

- l'enfouissement de compost n'induit jamais d'effet dépressif sur la culture suivante, même réalisé en conditions limites d'humidité du sol, contrairement à l'enfouissement de paille qui induit généralement un effet dépressif ;

- la monoculture du mil induit des baisses de rendement quelles que soient les techniques de fertilisation et d'amendement, imputables en partie à la baisse de fertilité azotée du sol pour les traitements recevant une faible fumure azotée, mais imputable, vraisemblablement aussi à une phytotoxicité de la culture sur elle-même ;

- la valeur nutritionnelle de la récolte est la plus élevée dans le cas d'apports combinés d'azote et de compost ;

- une amélioration notable du stock organique du sol ne s'observe que si l'apport de matière organique est associé à une fumure minérale et azotée moyenne.

Ainsi, pour une monoculture de mil sur sol sableux très pauvre, dans les conditions des zones tropicales semi-arides, il n'est possible d'obtenir, dans un temps relativement court, à la fois une productivité élevée du sol et une amélioration du niveau organique du sol (donc de la fertilité générale) qu'en associant amendements organiques (compost de paille de mil en l'occurrence) et fumure azotée. La monoculture ne devrait cependant pas excéder 3 ans en raison de l'effet dépressif induit./-

Remerciements

Les auteurs remercient MM. PICHOT et LOZANO pour la réalisation des analyses isotopiques azote 15 dans le laboratoire de l'IRAT/GERDAT à MONTPELLIER (France).

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

BOUYER (S.) - 19 9

Etude de l'évolution du sol dans un secteur de modernisation agricole au Sénégal.
CCTA., IIIe Conf. Interaf. des sols, Dakar, vol.II, pp. 841-850.

BURGOS Léon (W.), 1976

Phytotoxicité induite par les résidus de récolte de Sorghum vulgare dans les sols sableux de l'Ouest africain
Thèse de spécialité : Université NANCY 1.

DOMMARGUES (Y.) , 1956

Etude de la biologie des sols des forêts tropicales sèches et de leur évolution après défrichement. 6e Congr. de Sciences du Sol, Paris, Vol.5, n° 98, pp. 605-610.

DZHUMALIEVA (D.), KONSTANTINOVA (K.) , 1976

Effect of soil sterilization with Formalin and of maize as a catch crop on self-tolerance of wheat in short-term monoculture
Rasteniev" dni Nauki 13 (4) 59-69 Institut po pochvoznanie, Sofia, Bulgarie

FAUCK (R.), MOUREAUX (C.), THOMANN (C.) , 1969

Bilan de l'évolution des sols à Séfa (Casamance, Sénégal) après quinze années de culture continue.
L'Agron. Trop., vol. XXIV, n° , pp. 263-301.

FELLER(C.), MILLEVILLE (P.) , 1976

Evolution des sols de défriche récente dans la région des Terres Neuves (Sénégal-Oriental).
ORSTOM, Centre de Dakar, Rapp. multigr. 38 p.

GANRY (F.), BIDEAU (J.), NICOLI (J.) , 1974

Action de la fertilisation azotée et de l'amendement organique sur le rendement et la valeur nutritionnelle d'un mil Souna III.
L'Agron. Trop., Vol. XXIX, n° 10, pp. 1006-1015.

GANRY (F.), ROGER (P.A.) et DOMMARGUES (Y.) , 1977

A propos de l'enfouissement de pailles dans les sols sableux tropicaux :
Compte-rendu Acad. Agri. (à paraître).

PICHOT (J.) - 1975

Le rôle de la matière organique dans la fertilité du sol.
L'Agron. Trop. Vol. XXX, n° 2, pp. 170-175.

PIERI (Ch.), 1977

Communication personnelle
I.S.R.A. - C.N.R.A. de BAMBEY.

SIBAND (P.) - 1974

Evolution des caractères et de la fertilité d'un sol
rouge de Casamance.
L'Agron. Trop., Vol. XXIX; n° 12, pp. 1228-1248.

SIBAND (P.), GANRY (F.) - 1976

Application de l'analyse d'extraits de tissus conduc-
teurs à l'étude de l'essai d'un compost sur une culture
de mil.
C.R. 4e colloque intern. sur le contrôle de l'alimenta-
tion des plantes cultivées, GAND.

A N N E X EFRACTIONNEMENT DE LA MATIERE ORGANIQUE

Débris végétaux de taille supérieur à 2 mm : fraction ML1 (matières organiques libres n° 1).

L'ensemble de l'échantillon de sol, environ 240 kg, est tamisé à sec à 2 mm. Le refus du tamis est ensuite débarassé des sables par flottation dans l'eau, séché à 50° pendant 4 jours, posé, puis broyé finement (fraction ML1.)

L'humidité de l'échantillon est déterminée par séchage à l'étuve à 105° pendant 24 heures et la teneur en cendres par calcination au four à 750° pendant 4 heures.

Le carbone est dosé par voie sèche du carmographe et exprimé en pour mille du poids de sol.

Débris végétaux de taille inférieure à 2 mm : fraction ML2 (matières organiques libres n° 2)

2 kg du sol tamisé à 2 mm et débarassé de la fraction ML1, sont mis à décanter par fractions successives dans environ 10 litres d'eau. Les résidus végétaux de taille inférieure à 2 mm sont alors séparés par flottation (*), séchés à 50° pendant 4 jours, puis broyés finement (fraction ML2). Ils sont ensuite traités de façon identique à ML1.

Fraction humifiée de la matière organique : "fraction liée" FL

Le résidu de sol après séparation à l'eau de ML2 (*) est séché, broyé à 0,5 mm, et, sur cette fraction (FL), le carbone est dosé.

-
- (*) Par agitation du sol sous eau et décantations successives, on arrive, dans ces sols sableux, à récupérer la quasi totalité des résidus végétaux de taille inférieure à 2 mm même si leur densité est supérieure à 1.
- (*) Lors de la séparation de ML2, la fraction argileuse restant en suspension dans l'eau est floculée par addition de HCl au 1/2 jusqu'à pH 2.0. Après décantation, centrifugation et lavages à l'eau, cette fraction est récupérée et jointe au reste du sol.