

Utilisation des engrais biologiques dans la restauration de fertilité d'un sol ferrugineux dégradé

N. Mallouhi*, F. Sarr & A. Kandji.

Avec la collaboration technique de H. Sene

Keywords: Degraded ferruginous earth — Peat — Hull — Fertility — Peanut — Maize

Résumé

La pauvreté des sols sénégalais en matière organique est l'un des facteurs limitants de leur fertilité. Nos expérimentations en plein champ ont montré que 10 tonnes de fumier de cheval à l'hectare stimulent le rendement pendant 2 ans seulement. Vu la quantité limitée du fumier, l'utilisation d'autres sources de matière organique comme la tourbe, les coques d'arachides, etc. s'avère nécessaire; nos résultats ont mis en évidence que l'emploi de la tourbe ou des coques d'arachide mélangés avec une substance labile, comme les fientes de volaille dans la proportion de 10 tonnes de tourbe ou de coques pour 2 ou 3 tonnes de fientes s'avère d'une efficacité appréciable.

Summary

The poverty of Senegalese soils in organic matter is a limiting factor of their fertility. Our fields experiments showed that 10 tons/ha of horse manure increase yield over two years only. In view of low quantity of manure, the use of other resources of organic matter is necessary. We showed that peat or hull mixed with a very biodegradable substance as droppings in proportion of 10 tons of peat or hull for 2 or 3 tons of droppings is very efficient.

I. Introduction

Ces dernières années ont été marquées par des ruptures d'équilibres écologiques dont l'avancée du désert, une population de plus en plus nombreuse, une exploitation peu adaptée du milieu et une forte diminution de fertilité chimique des sols.

Un moyen de lutter contre cette dégradation du milieu est d'assurer une bonne gestion des résidus organiques disponibles au niveau de l'exploitation.

L'influence de la matière organique sur les propriétés physico-chimiques des sols tropicaux a fait l'objet de nombreux travaux. Au Sénégal, on peut citer ceux de Chareau et (1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 11), ces auteurs sont unanimes sur le rôle positif de l'humus.

Cependant les ressources organiques classiques telles les résidus de récolte, ou le fumier ne sont pas toujours disponibles (ils sont utilisés respectivement pour l'alimentation du bétail ou la construction domestique) et sont présents en quantité insuffisante pour assurer aux sols une amélioration, voire un entretien d'un niveau de fertilité satisfaisante. C'est pourquoi, nous avons orienté nos recherches vers d'autres substrats comme la tourbe ou les coques d'arachide.

La tourbe et les coques d'arachide sont des substances très lignifiées. Pour activer leur processus de biodégradation nous les avons mélangés avec des fientes de volaille et des fanes d'arachide, substrats considérés comme plus labiles et plus riches en azote et en phosphore.

Afin de mettre en évidence le rôle de ces substances sur la productivité du sol, un réseau d'essais au champ, avec l'arachide comme plante test et une expérience en vase de végétation avec le maïs comme plante test ont été mis en place. Par ailleurs, à l'aide d'une série d'incubations, nous avons étudié au laboratoire l'effet "starter" de fientes de volaille sur la biodégradabilité de la tourbe.

II. Matériel et méthodes

II.1. Matériel

La parcelle expérimentale est située sur un sol ferrugineux tropical peu lessivé, peu différencié, constitué sur du matériau limono-sableux à pH acide, pauvre en matière organique et en éléments fins (Tableau 1).

TABLEAU 1
Principales caractéristiques du sol utilisé*

Analyses	pH	pHCl	P	C	N	C/N	Bases échangeables en m.éq/100 g de sol						
							Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	S	T	V	
Granulométrie	H ₂ O	1/5	1/5	% 0	% 0	% 0							
	%												
A	L	S											

* profondeur de prélèvement: 0-20 cm.

A: Argile

L: Limon

S: Sable

P: Phosphore assimilable

C: Carbone organique

N: Azote total

S: Somme des cations échangeables en m.éq/100 g du sol

T: Capacité totale d'échange en m.éq/100 g du sol

* FSA, B.P. 01-3128 Cotonou, Bénin

Reçu le 22.05.92 et accepté pour publication le 05.11.93.

Le fumier de cheval est utilisé en 1984 à raison de 10 tonnes/ha (dose conseillée par les agents de vulgarisation). La tourbe utilisée se rapproche plus d'une lignine que des tourbes classiques européennes; elle est sableuse et acide. Les coques d'arachide non broyées ont un rapport C/N élevé (49).

La tourbe et les coques sont incorporées seules ou mélangées avec des fientes de volaille ou des fanes d'arachide à des doses de 10 tonnes de matière sèche par hectare et 1% du poids de sol pour les essais en pot.

Les fientes de volaille et les fanes d'arachide légèrement hachées sont enfouies seules ou mélangées avec les coques d'arachide ou la tourbe dans un rapport 4 pour 10.

2,5 tonnes/ha de carbonate de calcium sont utilisées pour tamponner le pH (le pH du sol = 5) sur une profondeur de 20 cm. L'ensemble des substances organiques et CaCO_3 a été enfoui sur 0-20 cm de profondeur.

Le matériel végétal comprend l'arachide (variété 55-437, cycle 90 jours) pour les essais au champ et le maïs (variété Early Thal, cycle 90 jours) pour les essais en pot.

Les principales caractéristiques des substances organiques sont données dans le tableau 2.

II.2. Méthodes

Des analyses chimiques des sols et des plantes étaient réalisées avant et après la mise en place des essais. Le compostage (mélanges de la tourbe ou des coques d'arachide avec les fanes ou les fientes de volaille, selon le rapport 10/4) a été effectué pendant deux mois en fosses. Des brassages hebdomadaires étaient réalisés pour homogénéiser la décomposition.

Le dispositif en bloc (avec 4 répétitions) était adopté pour le plein champ, tandis que l'essai en vase comprenait 5 répétitions par traitement. Les pots étaient arrosés avec de l'eau distillée.

Le dispositif d'incubation comprenait un bac thermostaté à 28°C dans lequel on plonge les unités d'incubation constituées d'erlenmeyers de 500 ml. Chaque unité contenait 100 g de sol tamisé à 2 mm et humecté à 80% de la capacité de rétention d'eau.

L'incubation avait pour but d'analyser l'effet starter des fientes de volaille sur la biodégradabilité de la tourbe. Quatre traitements étaient définis: sol témoin seul (a) ou avec 100 mg de carbone sous forme de tourbe (b) ou de fiente (d) ou les deux substances mélangées à raison de 100 mg de carbone chacun (c).

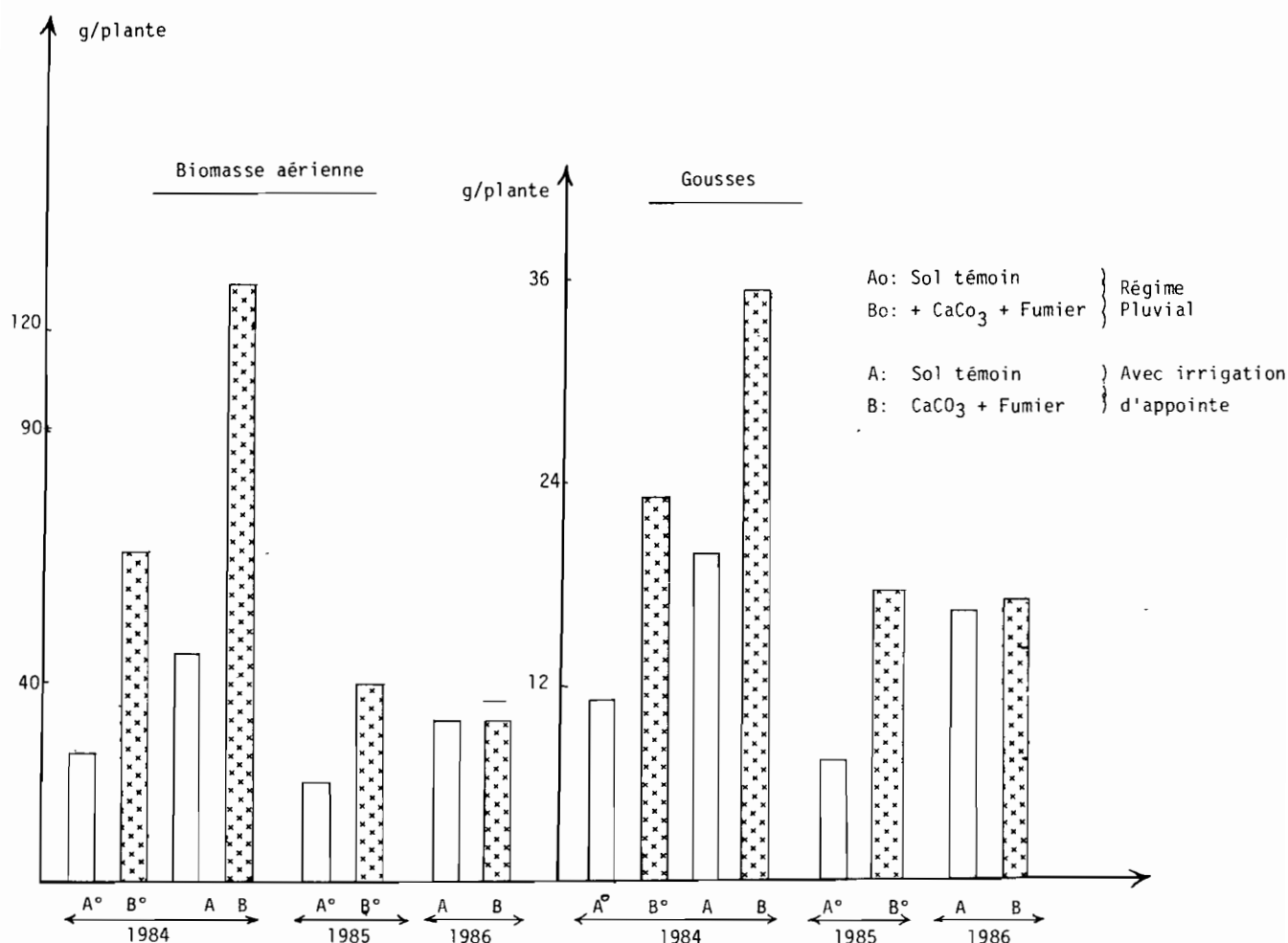


Fig. 1: Etude expérimentale de la durée de l'effet des amendements organo-calcaire enfoui en 1984 et de l'irrigation d'appoints sur la culture d'arachide

III. Résultats et discussions

III.1. Effet et arrière-effet du fumier sur la productivité du sol

D'après la figure 1, on note que la dose de 10 tonnes de matière sèche/ha a augmenté considérablement le rendement de l'arachide; par exemple, pour le traitement BO, l'apport de fumier a permis un accroissement de 244% de gousses et 260% de matière verte. L'arrière-effet est également significatif, mais l'effet bénéfique disparaît au bout de deux ans, comme le montrent les résultats de 1984 et 1986.

Le fumier apporté au sol à texture grossière améliore la CEC (5) et l'alimentation azotée, en limitant le lessivage des éléments minéraux. Ces résultats corroborent ceux de (4) qui a observé qu'en parcelles paysannes les rendements du mil étaient plus élevés dans les parcelles avec apport de fumier.

III.2. Effet et arrière-effet de la tourbe sur l'arachide

D'après la figure 2, nous constatons que la tourbe seule et le mélange tourbe-fumier n'entraînent pas de rendement différent avec le sol témoin, par contre la tourbe mélangée avec des fientes a exercé un effet dépressif sur le rendement par rapport aux parcelles enrichies en fientes seules. Cela s'explique par les phénomènes de réorganisation de

l'azote et du phosphore, consécutive à l'enfouissement d'une substance à rapport C/N élevé dans ces sols pauvres en éléments minéraux (8, 10, 11).

Les arrière-effets de l'enfouissement de la tourbe se sont révélés positifs. En 1987, l'effet résiduel de la tourbe entraîne une production de gousses significativement supérieure ($p < 0,01$) sur le sol témoin, de même la tourbe mélangée à des fanes ou à des fientes a eu des arrière-effets bénéfiques. Ces arrière-effets positifs traduisent entre autres, la disparition de l'effet dépressif de la tourbe un an après l'enfouissement des intrants. Il y a eu une véritable inversion de tendance en comparaison avec les substances labiles notamment les fientes, et cette inversion avantagée de tendance est expliquée par la quantité d'humus laissée par la tourbe et dont la minéralisation se fait lentement dans le temps.

III.3. Impact du compostage sur la valeur agronomique de la tourbe ou de la coque mélangée avec des fientes ou des fanes

D'après le tableau 2, nous constatons que le compostage a amélioré le pH des différents mélanges en le rehaussant en raison de la production d'ammoniac. Au bout de deux mois de compostage nous constatons que le C/N du mélange a

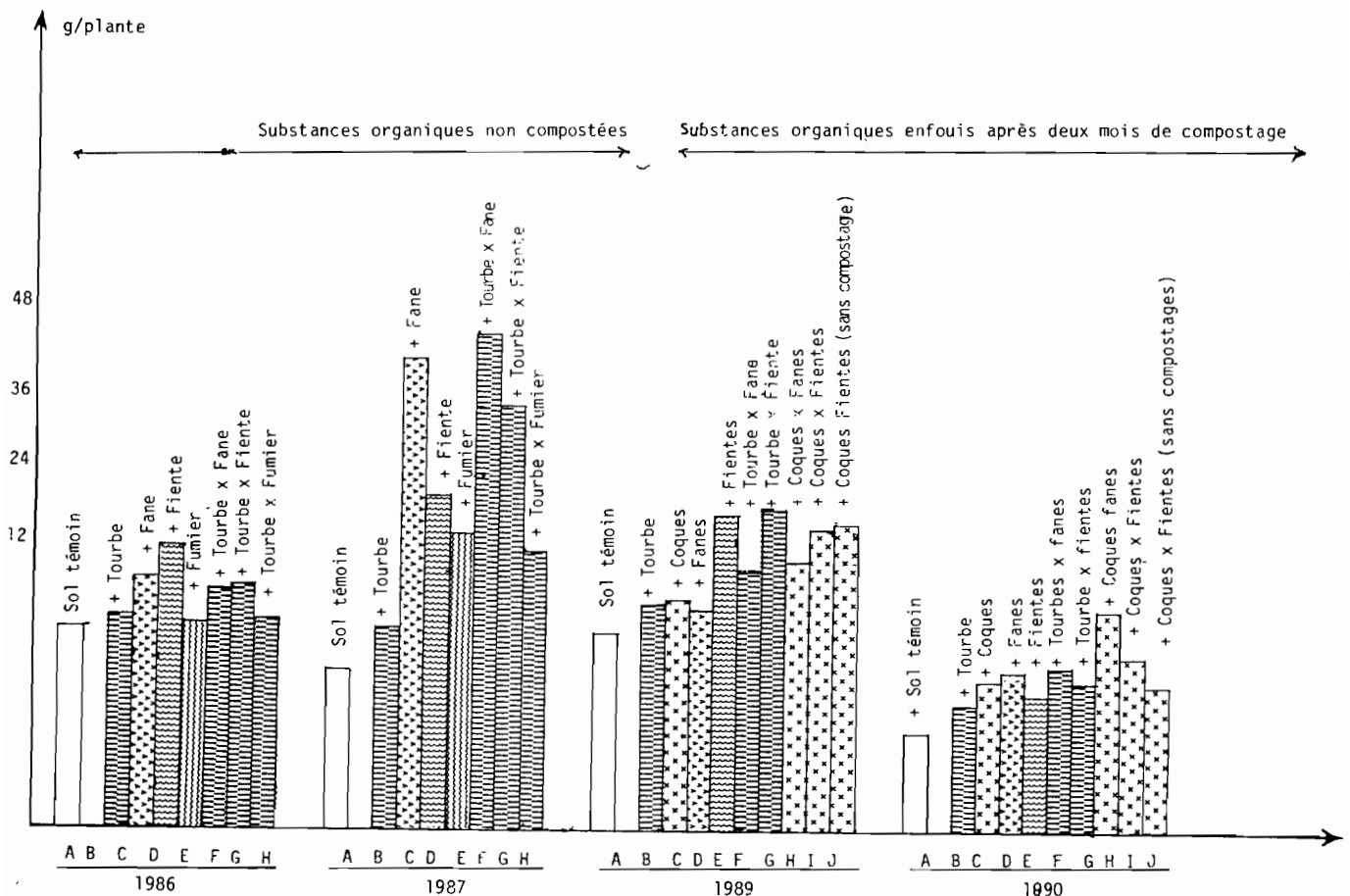


Fig. 2: Etude de l'effet et de l'arrière-effet des substances organiques non compostées (enfouies en 1986) ou compostées (enfouies en 1989) sur la productivité d'un sol ferrugineux tropical dégradé.

TABEAU 2
Etude typologique des substances utilisées et des mélanges avant et après compostage

Désignation	Compostage	pH H ₂ O 1/5	C. Orga %	Azote %	C/N	P %q	CEC en meq/100 g	Ca ⁺⁺ Total meq/100 g	K ⁺ Total meq/100 g
Fumier de cheval		6,91	40,60	1,40	29,00	3,81	-	-	-
Tourbe		3,30	44,80	1,12	40,00	1,60	131,00	20,60	5,13
Coques		6,27	45,70	0,92	49,70	2,20	29,00	28,90	18,98
Fanes		5,65	42,40	1,77	23,90	3,20	40,00	62,2	31,80
Fientes		6,67	42,50	4,20	10,12	33,50	39,00	14,00	34,90
Tourbe x Fane	Avant	3,58	43,00	1,30	33,10	2,10	107,00	35,00	10,40
	Après	4,88	40,60	1,40	29,00	1,80	180,00	32,65	9,75
Tourbe x Fiente	Avant	4,95	44,20	2,20	20,10	10,76	107,00	56,00	12,00
	Après	5,17	39,50	2,40	16,45	9,54	196,00	48,38	11,60
Coque x Fane	Avant	6,37	43,90	1,44	38,50	2,64	32,00	25,60	16,40
	Après	6,90	39,20	1,10	35,60	2,57	44,40	24,00	16,00
Coque x Fiente	Avant	6,50	44,40	1,83	24,26	10,80	35,00	50,60	20,00
	Après	6,96	36,00	1,55	23,20	9,80	46,80	46,30	18,90

* Taux de minéralisation globale cumulé = $\frac{\text{mg/C. dégagé}}{\text{C. total du sol}} \times 100$

baissé en raison du dégagement de CO₂ résultant de la minéralisation des substances facilement fermentescibles. Au niveau des mélanges coques-fientes et coques-fanes par contre, le taux d'azote a légèrement baissé au cours du compostage très vraisemblablement en raison de la CEC relativement faible de la coque d'arachide qui n'a pas per-

mis la fixation d'une partie de NH₄ libéré.

Le compostage a beaucoup valorisé la capacité totale d'échange; ce qui est très important pour ces sols à texture grossière, à faible CEC la valorisation de la CEC est expliquée par l'évolution de l'humus des différents mélanges au

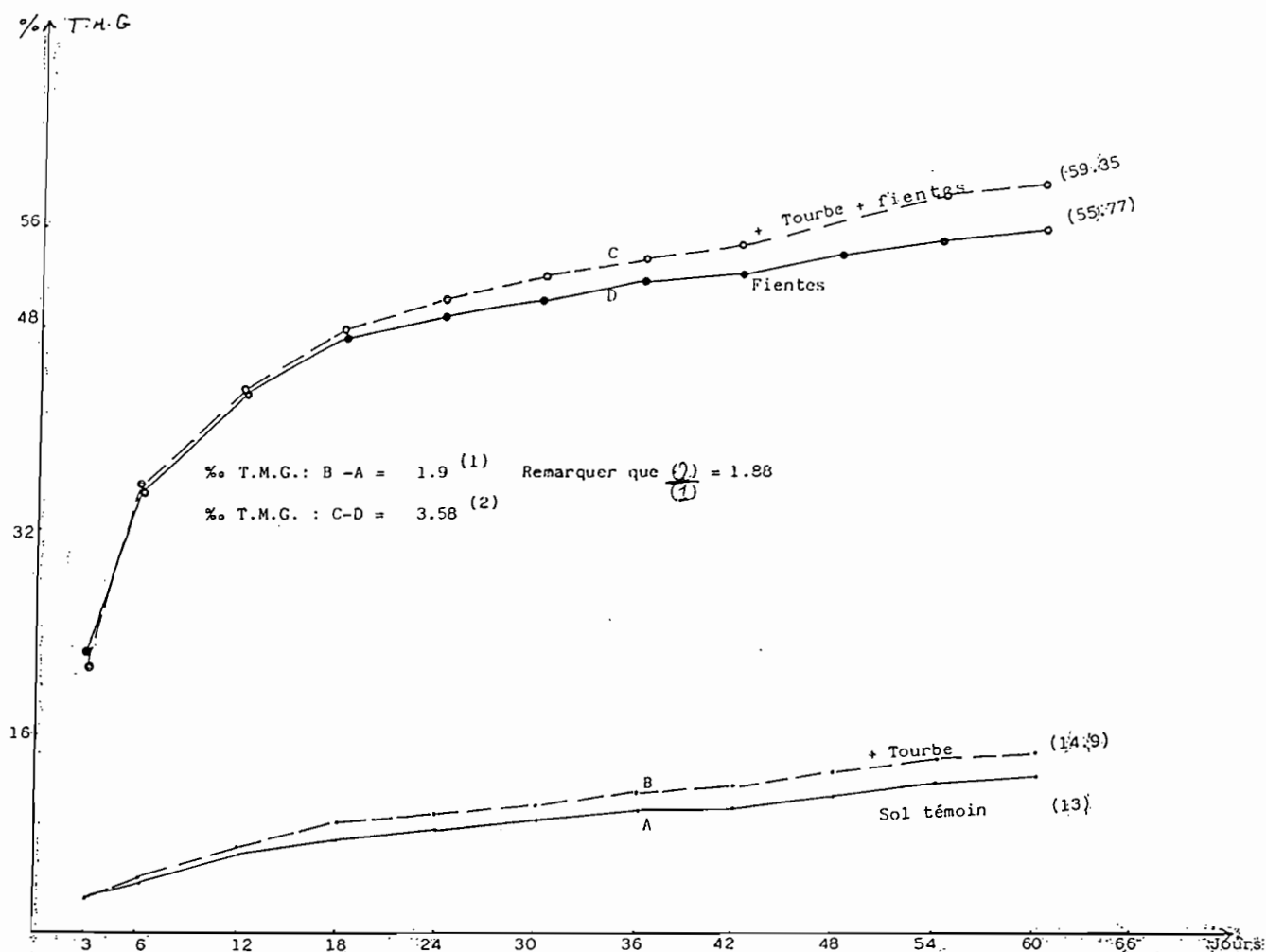


Fig. 3: Evolution du taux de minéralisation globale cumulé d'un sol ferrugineux dégradé incubé en présence de fientes de volaille et/ou la tourbe.

cours du compostage, ce qui se traduit par une baisse du taux de minéralisation globale des mélanges après deux mois de compostage (figure 3).

III.4. Effet "Starter" des fientes de volaille sur la biodégradabilité de la tourbe

D'après la figure 3, nous constatons que le taux de minéralisation globale cumulé (T.M.G.C.)* de la tourbe seule n'est guère différent de celui du témoin au cours des trois premières semaines d'incubation. Après ces trois semaines, la minéralisation de la tourbe s'intensifie et se distingue de celle du témoin, mais tout en restant faible par rapport à celles des fientes de volailles.

Par contre le fait d'apporter la tourbe au sol mélangée avec des fientes de volaille multiplie sa minéralisation par 1,88, ce qui démontre indiscutablement son effet "Starter" sur la biodégradabilité de la tourbe. Cet effet "Starter" s'explique par le fait que l'incorporation des fientes à la tourbe fait baisser d'une façon remarquable son rapport C/N, tout en l'enrichissant en phosphore; ce qui permet de stimuler l'activité microbienne et accélérer la biodégradabilité de la tourbe.

III.5. Impact des différents substrats compostés sur la productivité du sol ferrugineux dégradé cultivé en arachide

Lors de l'expérience réalisée en plein champ en 1986, nous avons constaté que la tourbe dans le mélange tourbe-fientes a eu une action dépressive par rapport à l'action de la fiente seule en première année. Dans notre expérience actuelle (figure 4) nous ne constatons aucune différence significative entre les traitements (E) et (G). Ceci signifie que le compostage a supprimé l'action dépressive de la tourbe en favorisant la stabilisation de l'humus. La réorganisation azotée et phosphorée a donc été réduite ou supprimée et l'alimentation minérale de la plante s'en est trouvée améliorée. Nos résultats vont dans le sens de ceux de (6). Sur la figure 4 nous observons que le traitement (c) a un meilleur effet que celui de (B); ceci est sans doute lié d'une part à une amélioration des propriétés physiques du sol plus importante dans le cas de la coque d'arachide en raison de sa granulométrie grossière et d'autre part à son coefficient de biodégradabilité plus élevé que celui de la tourbe ainsi qu'à sa richesse en potassium.

III.6. Etude de l'impact de la tourbe ou des coques d'arachide mélangées avec différentes doses des fientes de volaille sur le développement de la plante du maïs (Expérience en vase des végétations)

D'après la figure 4, nous constatons que quand les fientes sont mélangées avec la tourbe, la dose optimale correspond au traitement au rapport (10/2) car il n'y a pas de différences significatives entre les traitements aux rapports (10/4), (10/3) et (10/2). Par contre ces traitements ont un effet significativement supérieur ($p < 0,01$) sur le traitement au rapport (10/1). Le résultat a une portée pratique très intéressante car il démontre que la tourbe est capable de produire des résultats satisfaisants lorsqu'elle est mélangée en faible proportion avec les fientes.

Quant aux fientes mélangées avec les coques d'arachide, ce sont les traitements aux rapports (10/4) et (10/3) qui ont

eu les effets les plus bénéfiques sur la biomasse aérienne du maïs. Les effets de deux traitements n'accusent pas de différences significatives entre eux. En pratique, il peut être avantageux de porter le choix sur le rapport (10/3) qui nécessite moins de fientes que celui (10/4).

L'ensemble de nos résultats confirment et complètent des travaux antérieurs (6, 7, 8, 9).

Conclusion

Nos expériences ont montré que l'apport de 10 t/ha de fumier a stimulé considérablement la productivité d'un sol ferrugineux tropical dégradé; mais malheureusement cet effet stimulant s'achève au bout de deux ans.

Quant à la tourbe, des investigations successives et complémentaires ont permis de solutionner les nombreux problèmes posés par sa valorisation agronomique; son acidité peut être neutralisée par un amendement calcaire (2,5 t/ha de CaCO_3) et sa biodégradabilité peut être accélérée en la mélangeant avec une substance riche et labile comme les fientes; ses effets dépressifs peuvent être réduits par le compostage en présence des substances labiles en aérobie.

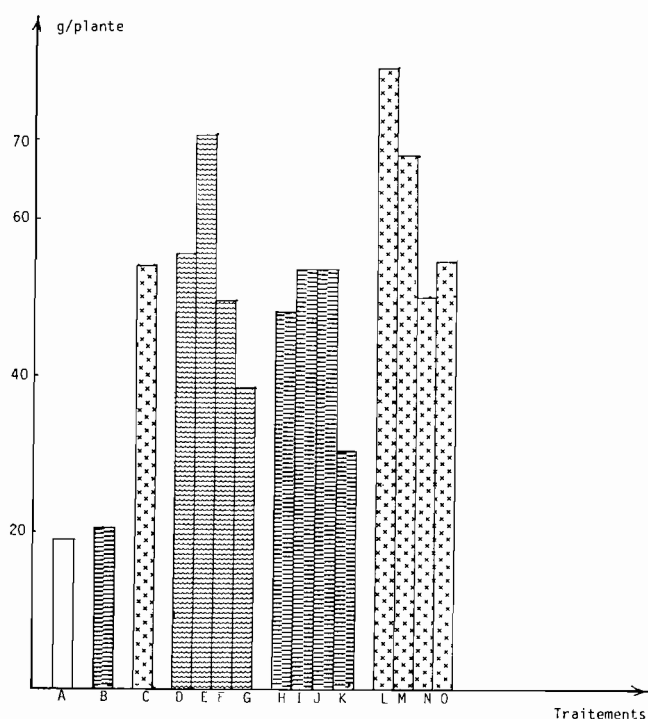


Figure 4: Influence de type et de doses de matière organique sur la productivité d'un sol ferrugineux tropical dégradé cultivé en maïs (culture en vase de végétation)

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| A: Sol témoin (4 kg du sol/seau). | I: + Tourbe x Fiente (10 x 3) |
| B: + 1% Tourbe | J: + Tourbe x Fiente (10 x 2) |
| C: + 1% Coque | K: + Tourbe x Fiente (10 x 1) |
| D: + 0,4% Fiente | L: + Coque x Fiente (10 x 4) |
| E: + 0,3% Fiente | M: + Coque x Fiente (10 x 3) |
| F: + 0,2% Fiente | N: + Coque x Fiente (10 x 2) |
| G: + 0,1% Fiente | O: + Coque x Fiente (10 x 1) |
| H: + Tourbe x Fiente (10 x 4) | |

L'ensemble de ces techniques agronomiques concourt à baisser le rapport C/N de la tourbe, à faciliter sa biodégradation en stimulant l'activité biologique du sol tout en évitant les phénomènes de réorganisation et les carences induites en azote et phosphore. C'est le cas aussi pour les coques.

D'autre part, grâce aux différentes expériences réalisées en laboratoire en conditions contrôlées, l'effet "starter" des

fientes sur la biodégradabilité de la tourbe a été mis en évidence.

L'étude réalisée en vase de végétation montre que l'effet synergique entre tourbe et fientes est optimal au niveau du rapport (10/2). Quand il s'agit des coques mélangées avec les fientes l'action synergique est optimale au rapport (10/3).

Références bibliographiques

1. Chareau C., Nicou R., 1971. L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche Ouest-Africaine et ses incidences agronomiques. Agron. Trop., Bull. Agron. n° 23.
2. Cissé L., 1988. Influence d'apports de matière organique sur la culture de mil et d'arachide sur un sol sableux du Nord Sénégal. I. Bilans de consommation, production et développement racinaire. Agronomie, **8** (4), 315-326.
3. Diatta S. & Fardeau J.C., 1979. Etude, au moyen de $^{42}K^+$, de l'action des amendements organiques sur la régénération des sols rouges du Sénégal. In isotopes and radiation in research on soil-plant relationships, IAEA, Sm 235/37 pp. 301-312.
4. Diouf M., 1990. Analyse de l'élaboration du rendement du mil mise au point d'une méthode de diagnostic en parcelles paysannes. Thèse de Doctorat de l'Institut National Agronomique Paris-Grignon, 227 p.
5. Fauck R., Moureaux C. & Thomann C., 1969. Bilan de l'évolution des sols de Séfa (Casamance, Sénégal) après quinze années de culture continue, Agronomie Tropicale, XXIV (3).
6. Garry F. & Feller C., 1977. Effet de fertilisation azotée (urée) et de l'amendement organique (compost) sur la productivité du sol et la stabilisation de la matière organique en monoculture de mil dans les conditions des zones tropicales semi-arides. Communication présentée au séminaire régional sur le recyclage organique en agriculture; Bueo, Cameroun.
7. Mallouhi N. & Jutras P., 1986. Amélioration du sol acide dégradé par l'apport d'amendement calcaire et organique, et évaluation de l'importance du volume et de la fréquence d'irrigation supplémentaire sur le rendement de l'arachide au Sénégal. Revue d'Agriculture **43**, n° 2, p. 26-30.
8. Mallouhi N. & Jutras P., 1987. Influence des amendements calcaire et organique sur le rendement de l'arachide en sol acide dégradé au Sénégal. Tropicultura **5**, 4, p. 147-152.
9. Priyot P., 1964. A propos de la fertilité des sols du Sénégal. Oléagineux, 19e année, n° 2, p. 65-70.
10. Pieri C., 1988. Fertilité des terres de Savane. Bilan de 30 ans de recherche et de développement agricoles au Sud du Sahara. Ministère de la Coopération et du Développement, CIRAD (France), 433 p.
11. Siband P., 1974. Evolution des caractères et de la fertilité d'un sol rouge de Casamance. Agronomie Tropicale, vol. **XXIX**, n° 12, p. 125-140.

N. Mallouki, Sénégalais, Docteur en Sciences Agronomiques, Chef de Département en Sciences du Sol à l'I.N.D.R.

F. Sarr, Sénégalais, Ir. Agronome à la Direction de l'Agriculture au Sénégal.

A. Kandji, Sénégalais, Ir. Agronome à la Direction de l'Agriculture au Sénégal.

AVIS

Nous rappelons à tous nos lecteurs, particulièrement ceux résidant dans les pays en voie de développement, que TROPICULTURA est destiné à tous ceux qui œuvrent dans le domaine rural pris au sens large.

Pour cette raison il serait utile que vous nous fassiez connaître les adresses des Institutions, Ecoles, Facultés, Centres ou Stations de recherche en agriculture du pays ou de la région où vous vous trouvez. Nous pourrions les abonner si ce n'est déjà fait.

Nous pensons ainsi, grâce à votre aide, pouvoir rendre un grand service à la communauté pour laquelle vous travaillez.

Merci.

BERICHT

Wij herinneren al onze lezers eraan, vooral diegene in de ontwikkelingslanden, dat TROPICULTURA bestemd is voor ieder die werk verricht op het gebied van het platteland en dit in de meest ruime zin van het woord.

Daarom zou het nuttig zijn dat u ons de adressen zou geven van de Instellingen, Scholen, Fakulteiten, Centra of Stations voor landbouwonderzoek van het land of de streek waar u zich bevindt. Wij zouden ze kunnen abonneren, zo dit niet reeds gebeurd is.

Met uw hulp denken we dus een grote dienst te kunnen bewijzen aan de gemeenschap waarvoor u werkt.