

CN0100415
P354
GUE

1978/120

REPUBLIQUE DU SENEGAL
PRIMATURE

D.G.R.S.T.

FONDATION INTERNATIONALE
POUR LA SCIENCE

BOURSE DE RECHERCHE
N° G 133

AMBEY

ETUDE DU COMPOSTAGE DES RESIDUS DE RECOLTE DE
LEUR VALEUR AGRONOMIQUE AVANT ET APRES COMPOSTAGE
DE LEUR VALORISATION POSSIBLE PAR FIXATION DE N2

Réalisation : Mlle Fatou GUEYE

Direction de l'étude: F. GANRY

Programme 1' F S du 1 Juillet 1976
au 1 Juillet 1977

Février 1978

Centre National de Recherches Agronomiques
du Bambey

INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES

(I . S . R . A)

PREMIERE PARTIE: ETUDE COMPARATIVE D'UN PROCÉDE TRADITIONNEL ET D'UN PROCÉDE PILOTE DE COMPOSTAGE DES RESIDUS AGRICOLES,

INTRODUCTION

1 - MATERIEL ET METHODE

11- Description technique des deux procédés de compostage

- Procédé de compostage traditionnel
- Procédé de compostage en atelier pilote

12- Analyses chimiques et biochimiques des composts obtenus

Bilan

- Analyses chimiques
- Analyses biochimiques

2 - RESULTATS - DISCUSSION

21- Qualité minérale et biochimique des composts

22- Bilan organique et azoté sur un compost traditionnel

23- Quels sont les facteurs d'appréciation des Composts ?

Conclusion

DEUXIEME PARTIE: ETUDE DE LA VALEUR AGRONOMIQUE DES COMPOSTS COMPARATIVEMENT AU MATERIEL VEGETAL NON COMPOSTE.

INTRODUCTION

1 - MATERIEL ET METHODE

11- Dispositif expérimental

12- Milieu expérimental

2 - RESULTATS ET DISCUSSION

Conclusion

TROISIEME PARTIE: UNE VOIE POSSIBLE DE VALORISATION DES COMPOSTS: INOCULATION PAR DES FIXATEURS D'AZOTE.

INTRODUCTION

1 - MATERIEL ET METHODE

11- Dispositif expérimental

12- Méthodes d'étude des principaux paramètres

- Température
- Toxicité des percolats
- Activité fixatrice de N₂
- Bilan d'azote par Kjeldahl
- Degré d'humification.

2 - RESULTATS - DISCUSSION

21- Evolution de la température

21- Evolution de la toxicité des percolats de compost

221. Test sur la germination des graines

222. Test sur la croissance de la plante

23- Evolution de l'activité fixatrice d'azote sur compost inoculé

24- Etablissement de bilan de l'azote

25- Importance de l'humification du compost.

Conclusion.

PREMIERE PARTIE

ETUDE COMPARATIVE D'UN PROCEDE TRADITIONNEL ET D'UN PROCEDE PILOTE DE COMPOSTAGE DES RESIDUS AGRICOLES

INTRODUCTION

Cette étude a pour but de comparer les produits issus de deux procédés de compostage: un procédé traditionnel n'exigeant pas ou peu d'infrastructure, dont la durée de fermentation en semi-anaérobie est de 4 à 6 mois et un procédé pilote, plus rapide, d'une durée de 7 jours environ, mais exigeant en infrastructure. Ce deuxième procédé applique la méthode CIDR*. L'investissement technologique qu'il requiert n'est pas accessible au paysan mais peut l'être à une entreprise agricole à caractère industriel qui accumule souvent, sous forme de résidus, des sous-produits de récolte sans les valoriser; ce procédé permettrait alors de recycler en agriculture ces sous-produits de récolte. Au Sénégal, on peut citer les huileries qui accumulent des coques d'arachide, les usines de décorticage du riz qui accumulent les enveloppes (glumes) du riz, l'usine sucrière qui accumule de la bagasse de canne à sucre.

→ Dans le texte nous conviendrons d'appeler le compost fabriqué par ce procédé, le compost CIDR.

* Compagnie Internationale pour le Développement Rural
33, rue Marbeuf - 75 008 Paris.

I - MATERIEL ET METHODE

II- Description technique de deux procédés de compostage

* Procédé de compostage traditionnel ou procédé dit "à la ferme" (4)

Le compost est fabriqué en fosse cimentée de 3,6m x 3,6m x 1,2m à partir de pailles de mil broyées (résidus d'environ 2 à 10 cm de longueur); Des couches de pailles humides sont intercalées avec de minces lits de fumier qui sert d'inoculum. En général, deux arrosages sont effectués en saison sèche, avant la saison des pluies. Les percolats de compost sont récupérés dans une petite fosse en contre-bas par rapport à la compostière et recyclés dans cette dernière afin de maintenir le bilan minéral (hormis l'azote) équilibré. La durée du compostage est de 4 à 6 mois pendant lesquels on effectue un recoupage (homogénéisation) de l'ensemble.

* Procédé de compostage en atelier pilote (procédé CIDR)

Les matières végétales, broyées préalablement au broyeur à marteau, sont introduites dans une cuve de fermentation de 7 m³ de volume. Un apport d'eau, ainsi qu'un inoculum biologique sous forme de fumier et une solution minérale adéquate, ont été réalisés afin d'obtenir un mélange semipâteux. Un surpresseur d'un débit de 95 m³/h permet l'aération du mélange. Un contrôle périodique du pH est fait afin d'empêcher l'acidification du mélange. Après stabilisation de ce pH, soit après 7 à 8 jours de fermentation, le mélange composté est pompé dans une cuve de stockage en surélévation. L'essorage est fait dans uneessoreuse débitant 84 kg/h. Le liquide est pompé dans une cuve de stockage d'un volume de 7 m³. Ce liquide d'essorage est réutilisé dans la fermentation suivante. Le compost est stocké dans des sacs.

Les premiers essais de compostage en atelier-pilote ont été réalisés d'abord sur de la paille de sorgho pour la mise en route du dispositif et l'ont été, par la suite, sur coque d'arachide. Malheureusement, la mise au point du procédé de compostage CIDR sur coque d'arachide a été inachevée; nous avons pu cependant obtenir un compost pour les tests agronomiques..

12- Analyse chimique et biochimique des composts obtenus - Bilan

Les analyses chimiques des éléments totaux (N, P, K, Ca, Mg) ont été réalisées au laboratoire d'analyses du CNRA de Bamby (1). Les analyses biochimiques ont porté sur le carbone total par la méthode Anne modifiée (2) et le carbone des acides humiques.

- Extraction des acides humiques

On extrait les matières humiques totales par un agent alcalin. Le compost passé au tamis de 0,5mm est mis en contact du pyrophosphate de sodium M/10. Après agitation intermittente pendant 9 heures et abandon de la suspension pendant 15 heures, on agite de nouveau et centrifuge pendant 10 à 15mn à 3000 t/mn. Après filtration, on ajoute de l'acide sulfurique sur une aliquote des matières humiques totales. On laisse précipiter pendant une nuit et on centrifuge pendant 5 mn à 6000 t/mn. On recueille alors le précipité qui correspond à la fraction nommée acides humiques.

On rince le culot de centrifugation avec H₂SO₄ N/10 et effectue une 2e centrifugation. Après on redissout le précipité d'acides humiques par NaOH N/10 et on amène à volume connu.

- Dosage

Sur une aliquote, on effectue le dosage du carbone par la méthode Anne modifiée.

Expression des résultats

. Taux d'acides humiques

C% des acides humiques par rapport à la matière organique.

. Taux d'humification

$$\frac{\text{C\% des acides humiques} \times 100}{\text{C \% total}}$$

2 - RESULTATS ET DISCUSSION

21- Qualité minérale et biochimique des composts (Tableau 1)

	Eléments en %				
	N	P	K	Ca	Mg
Paille de mil	0,78	0,065	0,296	0,262	0,499
Paille de mil compostée (compost ferme)	1,47	0,178	0,138	1,040	0,973
Paille de sorgho	1,83	0,115	2,024	0,416	0,625
Paille de sorgho compostée (compost CIDR)	2,08	0,372	0,635	0,870	0,325
Coques d'arachide	1,20	0,214	2,132	0,484	0,195
Coques d'arach. compostées (compost CIDR)	1,05	0,155	0,777	0,254	0,096
Liquide d'essorage compost paille de sorgho (compost CIDR)	74 ppm	110 ppm	6355 ppm	254 ppm	105 ppm

Tableau 1 : Analyses chimiques des principaux résidus de récolte compostés ou non compostés expérimentés pour la fabrication du compost,

Dans les deux cas de compostage on observe une augmentation relative de l'azote, du phosphore et du calcium (par concentration de l'élément due aux pertes en carbone) et une diminution importante du potassium qui est facilement entraîné dans les percolats et qui n'a pas été recyclé au cours de ce compostage. L'avantage du compost CIDR réside dans la possibilité de récupérer ces percolats et de les réutiliser pour les fermentations successives, donc de freiner les pertes minérales et de jouer un rôle d'inoculum (pied de cuve).

Nous avons pris comme critère d'appréciation de la qualité biochimique, le ^{taux} ~~taux~~ d'humification du compost caractérisé par sa teneur en acides humiques. Nous avons comparé le compost de ferme au compost CIDR. Dans les différents composts CIDR, ces teneurs varient pour le compost de paille de mil de 2 à 5% de carbone d'acides humiques par rapport à la matière sèche (taux d'humification de 5 à 8%) contre 2 à 3% pour le compost de ferme de paille de mil fabriqué en 1976 et 1977 (taux d'humification de 5 à 6%). Le taux d'acide humique est donc sensiblement le même, environ 3%, quel que soit le procédé de compostage utilisé.

22- Bilan organique et azoté sur un compost traditionnel

- Bilan organique {1} (expérience 1976)

- . Poids de matière organique en début de compostage: 4598 kg de paille à 5% H₂O soit 4400 kg M.S.
- . Poids de matière organique en fin de compostage: 2400 kg de M.S.

Les pertes en matière organique, exprimées en pour cent par rapport au poids initial mis à composter, sont de 45%;

- Bilan organique {2} (expérience 1977)

- . Poids de matière organique en début de compostage: 1760 kg de paille à 5% H₂O soit 1672 kg M.S.
- . Poids de matière organique en fin de compostage: 3257 kg à 71% H₂O soit 950 kg M.S.

Les pertes de matière organique s'élèvent à 43%.

Donc d'après les expériences de compostage 1976 et 1977, l'importance des pertes de matière organique, pour une même texture de paille broyée (morceaux variant de 2 à 10 cm de longueur) est de l'ordre de 43% à 45%. Par le procédé CIDR, ces pertes sur matière organique ont été évaluées à 20% {3}.

- Bilan azote (1) (expérience 1976)

La paille originelle avait 0,80% N et le compost final 1,18% N. Il en résulte une augmentation relative apparente du taux d'azote de 47% mais en réalité, des pertes réelles en azote par rapport au stock d'azote initial, de 19%.

23- Quels sont les facteurs d'appréciation des composts ?

Nous avons retenu sept facteurs pour une appréciation globale des composts, hormis leur valeur agronomique qui sera étudiée dans la deuxième partie de la présente étude.

Facteurs d'appréciation	Compost do ferme	Compost C.I.D.R.
Temps de fermentation	4 à 6 mois	7 jours
Modalité d'arrosage	Nécessite plusieurs arrosages en saison sèche	Un seul apport d'eau réalisé par la suite avec complément
Economie d'éléments minéraux	Pertes importantes de potassium. Bilan négatif	Apport minéral NPK au début mais recyclage des percolats dans les composts successifs. Bilan équilibré
Humification	Bonne et stabilisée	Très bonne pour le temps de compostage. Se poursuit probablement dans les sacs
Pertes de matière organique MS (sous forme de carbone essentiellement)	Environ 45 %	Maximum 20% à la mise en sac
Perte N total	Environ 20 %	Maximum 10 %
Investissement Technologique	Minimum... Réalisable chez le paysan	Important. Inconcevable en milieu paysan

CONCLUSION

Le compost CIDR, présente une qualité biochimique sur les facteurs pris en considération plutôt supérieure à celle du compost do ferme; en outre, grâce au "système fermé" de fabrication il est possible de tendre vers un bilan minéral équilibré (ce qui serait néanmoins possible on compostage de ferme mais avec une fosse et une pompe pour recyclage des percolats) et de réduire les pertes en matière organique.

Cependant sur le plan de la réalisation pratique la technologie du procédé devrait être améliorée en particulier au niveau du brassage dans la cuve de fermentation et de l'essorage.

Il reste à préciser d'une part la valeur agronomique des produits et d'autre part à voir si le temps de fermentation pour un matériel plus ligneux : résidus d'ananas, de cotonnier par exemple, serait assez long pour obtenir un degré d'humification acceptable. L'étude de la valeur agronomique des composts obtenus fait l'objet de la deuxième partie.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

1- OLIVER (R.), 1978

Méthodos d'analyses des sols-Eaux-Plantes en usage au CNRA do Bambeý
Sénégal

Rapport ronéo, ISRA/CNRA de Bambeý - 68 p et 30 p

2- DUCHAUF0UR (P.), 1970

Précis de pédologie - Troisième édition

Masson et Cie éditeurs.

3- Etudes ISRA/CNRA, 1976

Rapports internes, CNRA do Bâmbey Sénégal

4- GANRY (F.), 1975

Fiche technique provisoire de fabrication du compost an milieu paysan

ISRA/CNRA de Bambeý Sénégal

DEUXIEME PARTIE

ETUDE DE LA VALEUR AGRONOMIQUE DES COMPOSTS COMPARATIVEMENT AU MATERIEL VEGETAL NON COMPOSTE

INTRODUCTION

L'enfouissement des matières organiques disponibles sur les exploitations agricoles est un des thèmes directeurs de l'intensification agricole au Sénégal. Malheureusement, l'enfouissement des pailles, préconisé initialement, s'est révélé, malgré les nombreuses actions menées au niveau du Développement, impossible à appliquer en milieu paysan. Il apparaît donc de plus en plus nécessaire de faire des restitutions de pailles transformées et différées dans le temps, plutôt que de pratiquer leur brûlage qui est à prohiber.

Par ailleurs, comme nous l'avons souligné dans la première partie, une des voies possibles de la valorisation des résidus de récolte produits dans les entreprises agricoles à caractère industriel serait leur compostage.

Donc, quelle que soit l'unité de production, paysanne ou industrielle, le compostage apparaît comme une technique d'avenir. Dans les exploitations paysannes intégrant l'élevage, le fumier bien entendu, serait considéré comme un compost, susceptible des mêmes techniques de valorisation.

Le but de la présente étude, conduite au champ, a pour objet de tester l'effet, sur le rendement du mil, de différents types de résidus de récolte: mil, sorgho et coque d'arachide, non compostés et compostés.

1 - MATERIEL ET METHODE

11- Dispositif expérimental

Des parcelles de 50 m² chacune, constituent un essai bloc à six répétitions. Elles ont reçu la même fertilisation: 150 kg/ha d'un engrais ternaire 10-21-21, plus 100 kg/ha d'urée en fumure complémentaire, ce qui représente un apport d'azote de 60 kg/ha.

Les pailles et coques non compostées ont été apportées à la dose de 10 t de matière sèche (M.S.) par hectare et les Pailles et coque compostées à la dose de 8 t MS/ha (l'enfouissement d'une moindre dose de paille compostée a été réalisée pour tenir compte de la perte en matière organique lors du compostage).

Préparation du compost

le compost de ferme a été préparé selon la technique décrite dans la Première partie.

La paille de sorgho et les coques d'arachide ont été compostés avec la méthode CIDR, en 7 jours, décrite également dans la première partie.

12- Milieu expérimental

- Climat

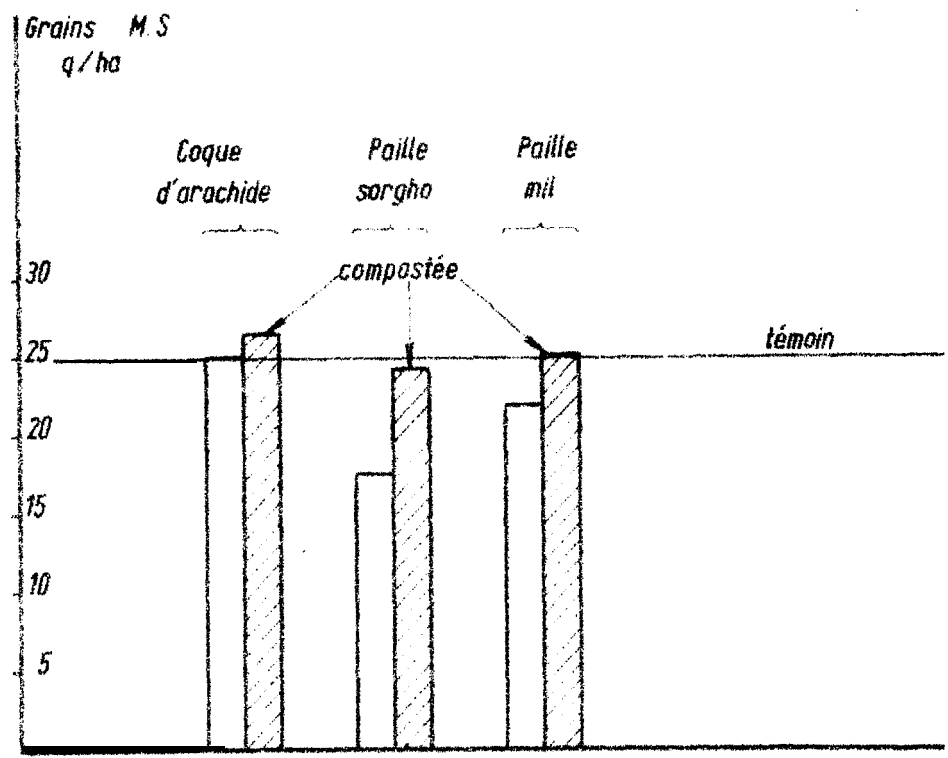
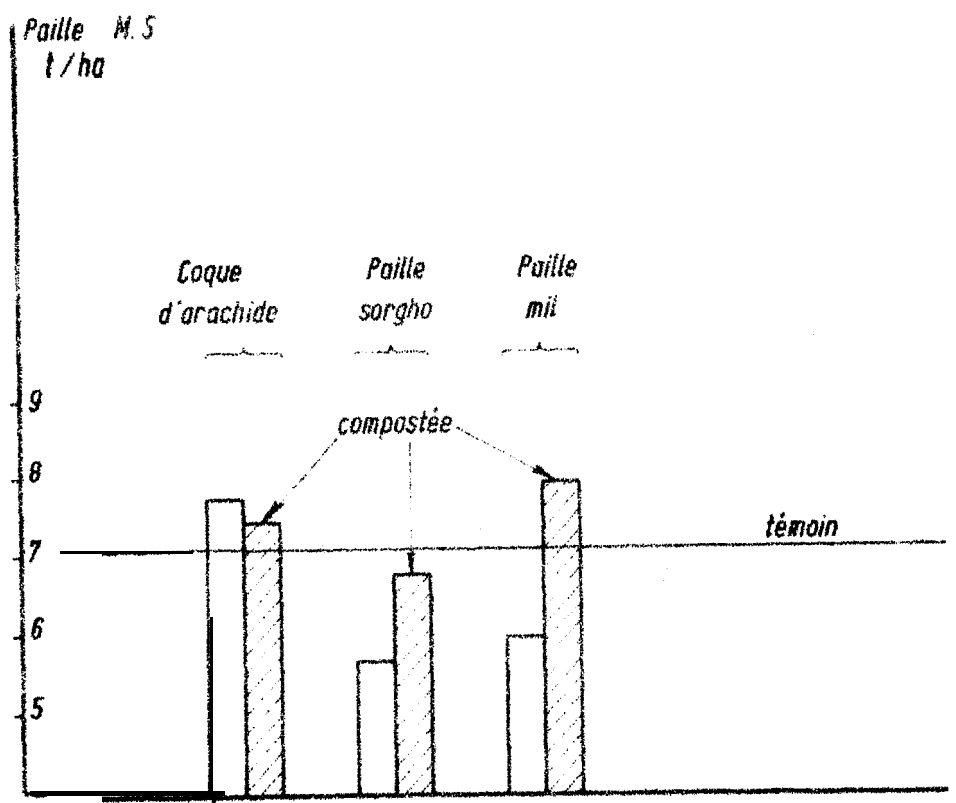
Le climat du Sénégal se caractérise par l'opposition entre deux saisons (une saison des pluies et une saison sèche) et par l'irrégularité des pluies pendant la saison pluvieuse. A Bambey, la pluviométrie moyenne (sur 40 ans) est de 650 mm étalés sur trois à quatre mois; elle accuse depuis 1972 une baisse très nette de 300 mm qui n'a cependant pas induit de déficit hydrique préjudiciable à cette culture à court cycle dans le cadre de l'expérimentation.

- S o l

L'expérimentation est implantée sur un sol ferrugineux tropical peu lessivé dont les caractéristiques sont les suivantes dans l'horizon 0-20 cm (tableau I).

Tableau 1: Principales caractéristiques analytiques du sol

Granulométrie (%)	
Argile + Limon	4,5
Sables totaux	95,1
Carbone total (‰)	2,83
Azote total (‰)	0,19
Complexe absorbant (en méq/100 g)	
Ca	0,7
Mg	0,2
Na	0,04
K	0,05
Somme	0,99
T	1,8
V = S/T x 100	55



EFFET DE L'ENFOUISSEMENT DE 3 RESIDUS DE RECOLTE,

COMPOSTEES OU NON SUR LE RENDREMENT DU MIL

- Plante

La céréale utilisée est le Mil Sauna III, mil hâtif à cycle de 90 jours, le plus cultivé par les paysans dans la zone pluviométrique de 500 mm à 700 mm.

2 - RESULTATS ET DISCUSSION

Le tableau ci-dessous rassemble les résultats sur les rendements obtenus en fin de cycle. Ces résultats sont illustrés à la figure ~~ci-dessous~~ ^{précédente}.

	R E N D E M E N T kg/ha						
	Failles (P)		Graines (G)			Total (P+G)	
	Matière sèche	Azote total	Matière sèche	Azote total	Protéines	Matière sèche	Azote total
Témoïn sans enfouissement	7040 acf	55	2488 X	44	275	9528 (10689)	99
Coques d'arachide	7640 acf	68	2493 ac	42	262	(11699) 10133	110
Coques d'arachide compostées	7380 acf	66	2626 a	44	275	(11523) 10006	110
Paille de sorgho	5560 b	38	1756 b	31	194	(8211) 7316	69
Paille de sorgho compostée	6720 ca	57	2430 ac	39	244	(10410) 9150	96
Paille de mil	5940 e	47	2211 c	39	244	(9209) 8151	86
Paille de mil compostée	7860 f	64	2510 ac	43	269	(11715) 10370	107

Tableau 2.: Influence sur le rendement en matière sèche, en azote et on protéines du mil, de 3 résidus agricoles compostés ou non compostés. Entre parenthèses figure le rendement total incluant rachis et glumes. Le rendement en protéines a été calculé en multipliant Par 6,25 le rendement N kg/ha.

Les résultats qui portent une même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 0,05.

Ces résultats montrent un effet dépressif du résidu non composté (sauf pour la coque d'arachide) sur le rendement bien que l'on ait apporté de l'azote minéral à la dose de 60 N. Le compostage fait disparaître cet effet dépressif.

Les résultats de mobilisation en azote total vont dans le même sens que les résultats de rendements matière végétale. Notons que le seul fait de composter la paille augmente de 10% et 25% les rendements en protéines du mil pour l'enfouissement des pailles de mil et de sorgho. Il est probable aussi que la valeur nutritionnelle du mil ait augmenté sous l'action du compost, comme cela a déjà été montré à Bamboey dans le cas du mil(1),

On remarque que les plus-values dues au compost, enregistrées sur le rendement en paille, ne se retrouvent pas sur le rendement en grain. Ceci peut s'expliquer par la sécheresse intervenue en fin de cycle au moment du remplissage des grains qui a pénalisé le rendement en grain sur les traitements à développement végétatif mieux développés, d'où un nivellement de ces rendements.

La valorisation des pailles par compostage procédé CIDR semble moins poussée que celle par compostage procédé traditionnel. En effet le rendement en paille de mil en présence de compost sorgho CIDR n'atteint pas le rendement témoin, alors que le compost traditionnel amélioré ce rendement.

CONCLUSION

Nous pensons pouvoir dire avec assez de certitude que le compostage permet une valorisation des pailles de mil et de sorgho, en étant un remède sûr à l'action phytodépressive des pailles qui peut se manifester en effet annuel direct sur les cultures. Nous' basant sur le critère du rendement des plantes, le compost traditionnel semble de meilleure qualité que le compost CIDR, mais ce dernier a l'avantage d'avoir été produit plus rapidement et avec une meilleure économie des éléments matériaux.

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

1- GANRY (F.) et BIDEAU (S.). 1974

Action de la fertilisation azotée et de l'amendement organique sur le rendement et la valeur nutritionnelle d'un mil Souma III.

Agron. Trop. vol XXIV, n°10, p 1006 à 1015.

TROISIEME PARTIE

INTRODUCTION

Nous avons montré dans la première partie que le compost en cours de fabrication est le siège de pertes importantes en matière organique et en azote qui peuvent atteindre 45% du stock initial de matière organique et 20% du stock initial en azote total dans le cas d'un compostage de type traditionnel.

On sait que certaines techniques simples et peu onéreuses, telles que phosphatage, permettent de diminuer ces pertes (1). Par contre, à notre connaissance, très peu de recherches ont été faites sur la possibilité d'induire une fixation de N_2 dans le compost. On peut citer les travaux de PREVOST (2) mais ce dernier attache surtout une importance au rôle humificateur des fixateurs d'azote.

Notre souci est d'induire une fixation biologique de N_2 dans le compost, en vue de maintenir le stock initial et si possible d'induire un gain net d'azote au cours du processus de compostage. Dans ce but nous avons réalisé une expérience d'inoculation d'un compost de paille de mil par des fixateurs d'azote.

REMERCIEMENTS

Cette étude a pu être réalisée grâce à l'appui technique du laboratoire de microbiologie de l'O.R.S.T.O.M. de Dakar qui nous a fourni les souches bactériennes. Nous tenons particulièrement à remercier MM. DDMERGUES, DIEM et RINAUDO.

1 - MATERIEL ET METHODE

11- Dispositif expérimental

- Mise en place des microcompartiments de compost

Les traitements sont appliqués à des micro-compartiments de paille de poids défini de 100g de matière sèche dans un volume approximatif de 1 dm^3 . Ces compartiments sont délimités par une toile moustiquaire cousue sous forme de sac. Ces sacs sont enfouis à un mètre de profondeur dans la compostière à raison de deux sacs par micro-parcelle. Chaque sac reçoit 40 ml de milieu inoculum.

Pour la mise en place des micro-parcelles, on a confectionné une grille métallique de $3,20\text{m} \times 3,20\text{m}$ à mailles carrées de $40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$. A chaque micro-parcelle ainsi constituée correspondent deux sacs de paille convenablement étiquetés et attachés (donc deux micro-compartiments). Nous avons en tout 130 échantillons ($128 + 2$) dans la compostière. La grille est posée à la surface du compost; la surface de la compostière est de $3,6\text{m} \times 3,6\text{m}$; il reste donc 20 cm entre la grille et le bord de la compostière. L'ensemble des traitements est randomisé.

- Inoculation

Le compost est inoculé avec trois souches bactériennes, fixatrices d'azote: - 1'Enterobacter D14 anaérobie

- 1'Enterobacter B 8 anaérobie

- le Beijerinckia camarquensis, aérobie

Ce compost inoculé sera comparé aux témoins compost non inoculés. Nous avons utilisé deux modalités d'inoculation pour chaque souche:

- liquide (bactéries en suspension)

- solide sous forme d'alginate (bactéries incluses).

L'inoculation s'est effectuée en deux temps :

- au temps t_0 , en début de compostage, au moment du premier arrosage;

- au temps t_1 , juste après la phase oxothermique (voir courbe de températures, paragraphe 21).

Dans les deux modalités d'inoculation, on apporte le même nombre de germes ($10^9/\text{ml}$ d' inoculum).

Les germes sont cultivés dans des milieux de culture liquides adéquats :

- pour 1'Enterobacter cloacae, le PLG* avec peptonc;

- pour le Beijerinckia, PLG t 100 mg/l de $(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$

* PLG = Milieu de pomme de terre avec extrait de levure et glucose

Préparation de l'inoculum alginate

La culture bactérienne est mélangée à la solution d'alginate. On laisse tomber le mélange (alginate + culture), goutte à goutte, dans une solution de CaCl_2 à 17,5%. Chaque goutte qui tombe forme une bille dans la solution de CaCl_2 .

Le contact du mélange (alginate + culture) et du CaCl_2 provoque une prise en masse qui réduit le volume d'inoculum à 54ml au lieu de 100ml. On peut retenir que 1g d'alginate dans 50 ml d'eau distillée + 50 ml de milieu de culture donne 54 ml de milieu inoculum.

Procédé de compostage

Nous avons composté 1760 kg de paille de mil par le procédé de compostage traditionnel. La paille de mil contenue dans les sacs de toile a été broyée plus finement que celle de la compostière.

12- Méthodes d'études des principaux paramètres

- Température

Au début du compostage, la température est enregistrée périodiquement tous les deux jours et par la suite d'une façon plus espacée dans le temps. La profondeur d'enregistrement de cette température est de 40 cm. Chaque résultat de mesure est la moyenne de 10 enregistrements, à un même moment, dans la compostière,

- Toxicité des percolats du compost

Sur la germination

Dans des boîtes de pétri contenant un papier filtre comme support, nous mettons 50 graines de mil ou sorgho, arrosées avec 9 ml de percolat dilué ou non selon le traitement, et/avec l'eau distillée pour le témoin, On laisse incuber à 30°C pendant deux jours et on observe la toxicité sur la germination des graines.

Sur la croissance

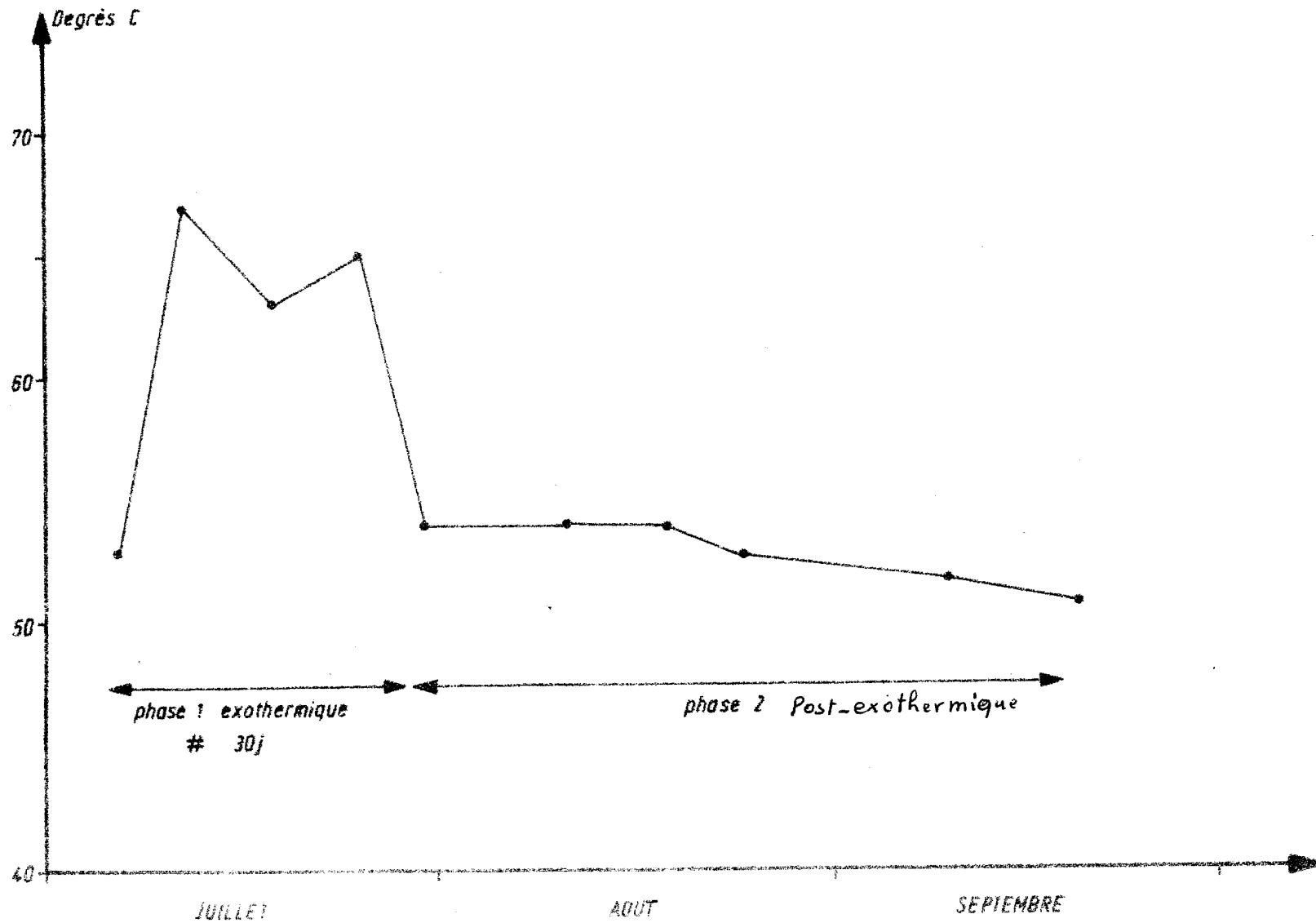
Dans des pots de végétation de 500 ml de capacité, nous avons fait pousser des plants de mil ou de sorgho sur un support sableux de quartz. Les mêmes traitements qu'on précédemment sont appliqués aux plantes âgées d'une semaine. Les plantes traitées sont observées tous les jours sur leur aspect végétatif.

- Activité fixatrice de N_2 sur compost inoculé

Les mesures sont effectuées dans des sacs en plastique confectionnés de dimensions 30cm x 40cm. La piqûre d'injection des gaz se fait à travers le bouchon d'un tube vacutainer collé au sac. Les micro-compartiments

FIG. 1 EVOLUTION DE LA TEMPERATURE (DEGRES

COURS DU PROCESSUS DE COMPOSTAGE



de compost prélevée en entier sont enfermées dans ces sacs et incubées après injection d'acétylène et de propane: Le propane joue le rôle de gaz traceur: il permet en même temps que la connaissance du volume des échanges gazeux, la prise en compte des fuites éventuelles. Le dosage de l'éthylène formé est réalisé au chromatographe en phase gazeuse.

- Bilan d'azote

On réalise les dosages d'azote par la méthode Kjeldahl incluant les nitrates (réduction des nitrates par addition à H₂SO₄ pur, d'acide salicylique et de thiosulfate de Na) Ces dosages d'N-total sont faits au début, en cours et en fin de compostage. Le bilan d'azote alors calculé est soit négatif, équilibré ou positif.

. Degré d'humification (voir première partie de l'étude)

2 - RESULTATS ET DISCUSSIONS

21- Evolution de la température au sein du compost (fig.1)

Les enregistrements périodiques des températures nous ont permis de localiser non seulement la fin de la phase exothermique mais aussi d'apprécier l'importance de la déperdition d'énergie de la paille.

En moins de dix jours, la température a atteint son maximum; certains enregistrements nous ont donné des températures comprises entre 70 et 73°C.

Après une phase plateau comprise entre 60 et 70°C durant environ 30 jours, la température moyenne a baissé jusqu'à 50-55°C et s'y est stabilisée, ne décroissant que légèrement pour atteindre 50°C environ 50 jours après, donc 80 jours après le début du compostage.

22- Evolution de la toxicité des percolats de compost

221. Test sur la germination des graines

Pour exprimer la toxicité du percolat, nous avons considéré le pourcentage des graines germées par rapport aux graines incubées et la longueur des plantules juste après la germination (voir tableaux 1 et 2)

Nature plante testée	Age du compost	Dilution du percolat				
		Témoin	1/10	1/4	1/2	Non dilué
SORGHO	31 jours	54	54	56	36	34
	47 jours	54	52	48	44	34
M I L	31 jours	54	38	34	24	26
	47 jours	42	20	20	24	14

Tableau 1: Influence du percolat de compost sur le pourcentage de germination des graines.

Nature plante testée	Age du compost	Dilution du percolat				
		Témoin	1/10	1/4	1/2	Non dilué
SORGHO	24 jours	7,5	4,5	3,6	2,6	2,7
	31 jours	5,9	4,0	3,5	2,9	1,0
M I L	24 jours	7,6	5,5	4,8	4,2	3,3
	31 jours	5,4	5,1	5,3	3,9	1,4

Tableau 2: Influence du percolat de compost sur la longueur des plantules exprimée en cm.

Les résultats des tableaux 1 et 2 montrent que les percolats de paille en cours de compostage ont un effet phytotoxique et que le mil est plus sensible à cette toxicité que le sorgho. L'aspect et la longueur des plantules révèlent bien les symptômes de toxicité: racines rouges et plantules recroquevillées.

A la dilution la plus forte (1/10), l'effet toxique est très faible; dans l'ensemble, à cette dilution, l'aspect des plantules ne révèle plus les symptômes de toxicité. Par extension, on peut expliquer que dans le sol, lorsqu'une graine, lors de sa germination, rencontre une paille en décomposition, elle ait une phase germinative inhibée,

222. Test sur la croissance de la plante

Dès le deuxième jour de croissance, les feuilles basales des plantes ayant poussé sur percolat non dilué commencent à jaunir. Trois à quatre jours après, le jaunissement basal se généralise au niveau de tous les traitements. Notons qu'à la dilution 1/10 quelques feuilles seulement sont jaunes.

Neuf jours après, les plantes du percolat non dilué sont mortes. Les plantes de la dilution 1/10 ont résisté plus que les autres. Comparées au témoin, leurs feuilles ont la même hauteur, mais un peu moins développées et moins vertes. La même remarque que précédemment peut être faite en ce qui concerne l'extension in situ de ce phénomène in vitro, à savoir les conséquences néfastes sur la plantule, de paquets de paille insuffisamment homogénéisée au sol, pouvant être à l'origine d'une phytotoxicité.

On peut penser qu'en début de croissance des plantes surtout en cas de pluviométrie faible, les racines par hydrotropisme s'étant concentrées à proximité des pailles enfouies, subissent la phytotoxicité de ces pailles en cours de décomposition. Cette action phytotoxique des percolats de

paille en cours de fermentation avait déjà été étudiée par GANRY et al. (3). A la différence de nos résultats, ces auteurs ont montré qu'après 20 jours l'essentiel des acides phénols phytotoxiques a déjà été extrait. Nous devons reconnaître que dans notre étude, donc dans un milieu plutôt anaérobie, l'évolution biochimique est sans doute ralentie voire différente.

23- Evolution de l'activité fixatrice d'azote sur compost inoculé

Souche	Beijerinckia	Enterobacter Cloacae B 8	Enterobacter Cloacae D 14
Témoin	294	664	664
Inoculum liquide	643	11'76	3296
Inoculum solide	1625	783	1747

Tableau 3: Action de l'inoculation sur l'activité réductrice de l'acétylène: résultats moyens exprimés en nanomoles $C_2H_4/h/100g$ de matière sèche.

-Prélèvement sur un compost de 55 jours pour B8 et D14

|| sur un compost de 74 jours pour Sjk

Les résultats indiquent que le compost a été le siège d'une fixation d' N_2 , accrue sous l'action de l'inoculation. Cette fixation dans le compost inoculé varie en moyenne de 6430 à 32960 nanomoles $C_2H_4/h/kg$ de paille sèche. Signalons l'importance des variations intra-traitement qui témoignent de la grande hétérogénéité, normale dans un processus biologique, mais imputable en partie à la méthodologie de mesure de la fixation de N_2 utilisée.

24- Etablissement du bilan d'azote

L'observation des figures 2, 3 et 4 montre clairement que l'inoculation par des fixateurs d'azote a induit une fixation de N_2 sauf dans le cas de la figure 2B courbe 12 (inoculation retardée d'Enterobacter par l'alginate). Dans un cas de figure: fig. 2A courbe I_2 (inoculum liquide de Beijerinckia après phase exothermique) la fixation de N_2 a entraîné une plus-value d'azote par rapport au stock d'azote initial; dans deux autres cas: fig. 2A courbe I_1 et fig. 3A courbe I_1 (inoculum liquide de Beijerinckia et d'Enterobacter inoculé à tout moment du premier arrosage), 10 stock d'azote initial s'est grosso-modo maintenu. On remarque fig. 3 et 4, la remontée du stock d'azote du témoin après une déperdition brutale de cet azote qui est de 28% au 50e jour et de 45% au 75e jour. Cette remontée du stock d'azote est probablement due à une contamination par les fixateurs de N_2 .

Ces premiers résultats ont donc montré que les systèmes organiques considérés (100g de paille sèche soit 900mg d'N total) étaient le siège de pertes importantes d'azote, de l'ordre de 400 mg au 750 jour, qu'on peut considérer comme maximum. Mais on a montré par contre qu'on pouvait gagner de l'azote grâce à l'inoculation: avec Enterobacter de 150 à 200 mg d'azote et avec Beijerinckia, de 350 à 400 mg d'azote. Il importe de considérer ces gains d'azote comme minimum car ayant été calculés par rapport à des témoins qui ont probablement été contaminés par l'inoculation de fixateurs d'azote, ce qui ressort assez nettement aux graphiques 2 et 3. A cet égard, en admettant que le stock d'azote total dans les témoins ait été celui mesuré avant l'inoculation 12 supposée contaminante, les gains d'azote auraient été alors de 300 à 350 mg d'N pour Enterobacter et de 350 à 600mg d'N pour Beijerinckia.

On remarquera, enfin, les pics de fixation de N₂ après inoculation, très nets dans le cas de Beijerinckia et qui, au moment du prélèvement environ 50 jours après l'inoculation, semble avoir atteint leur maximum. Après cette accumulation d'N₂ fixe, il semble bien qu'une partie de cet azote soit perdu hors du système. Cette remarque nous suggère qu'entre I₁ (inoculation en début de compostage) et le premier prélèvement au 750 jour la quantité de N₂ fixée est vraisemblablement passée par un maximum vers le 50^e jour, maximum qui n'apparaît pas sur la fig. 2.

Il reste à savoir sous quelle forme cet azote s'est accumulé (minéral et/ou organique labile ?).

Sur un plan pratique les premières conclusions tirées de cette expérience (qui doit être considérée comme une expérience d'orientation) sont les suivantes :

- L'inoculation, sous forme liquide, devrait être faite entre le 30^e et le 50^e jours de fermentation de la paille.
- Le compostage devrait être arrêté par séchage, à l'air par exemple, 50 jours après l'inoculation,

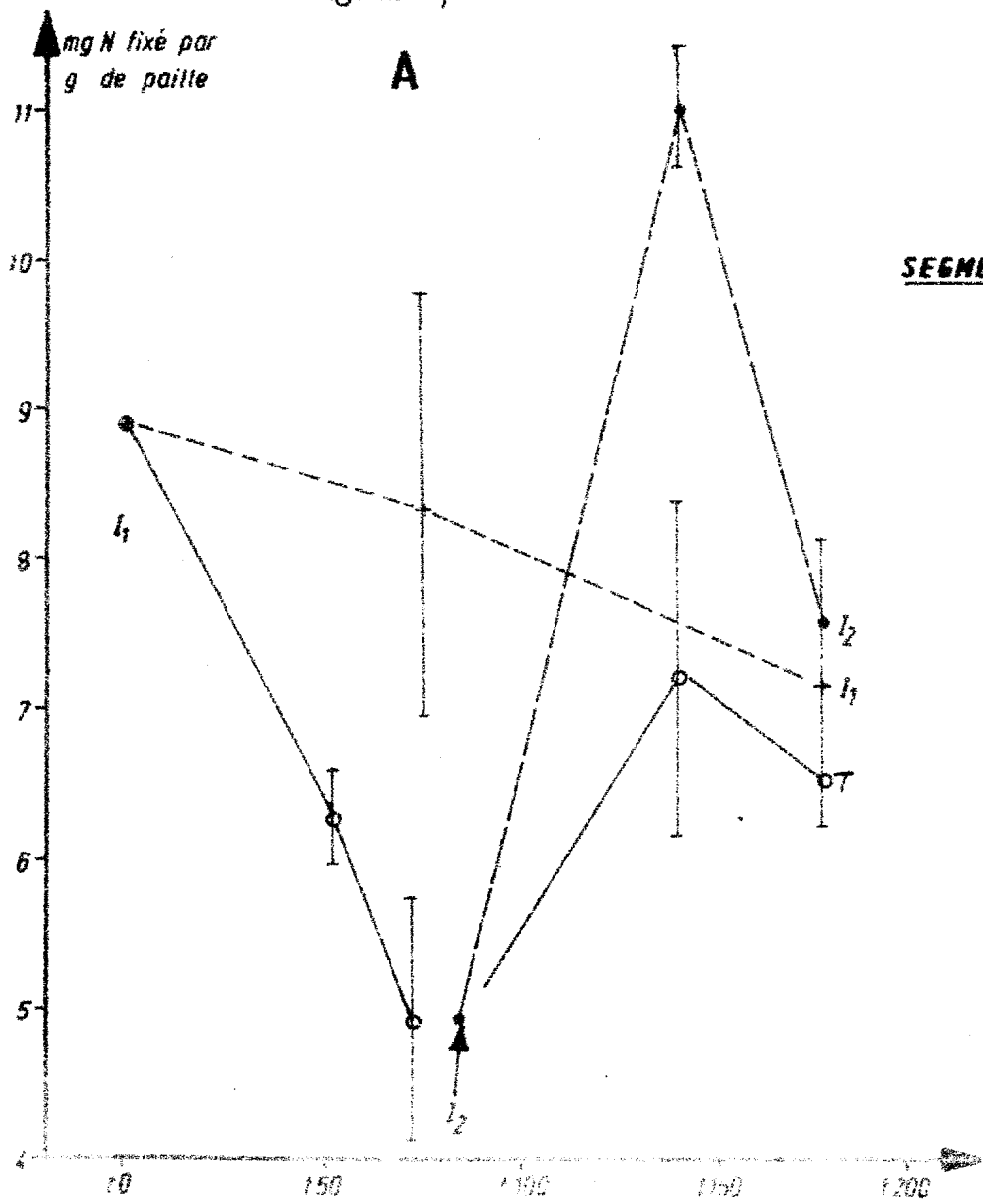
En raison de l'importance agronomique de telles conclusions, nous confirmerons cette année, par une nouvelle expérience, ces résultats.

25- Importance de l'humification du compost

FIG. 7 ACTION DE L'INOCULATION AVEC *R. FLAVESCENS* SUR LA FIXATION NETTE DE N

—●— I_2
 -+— I_1 Liquide
 —○— T

—●— I_2
 -+— I_1 Alginate
 —○— T



SEGMENT VERTICAL = ECART TYPE DE LA MOYENNE

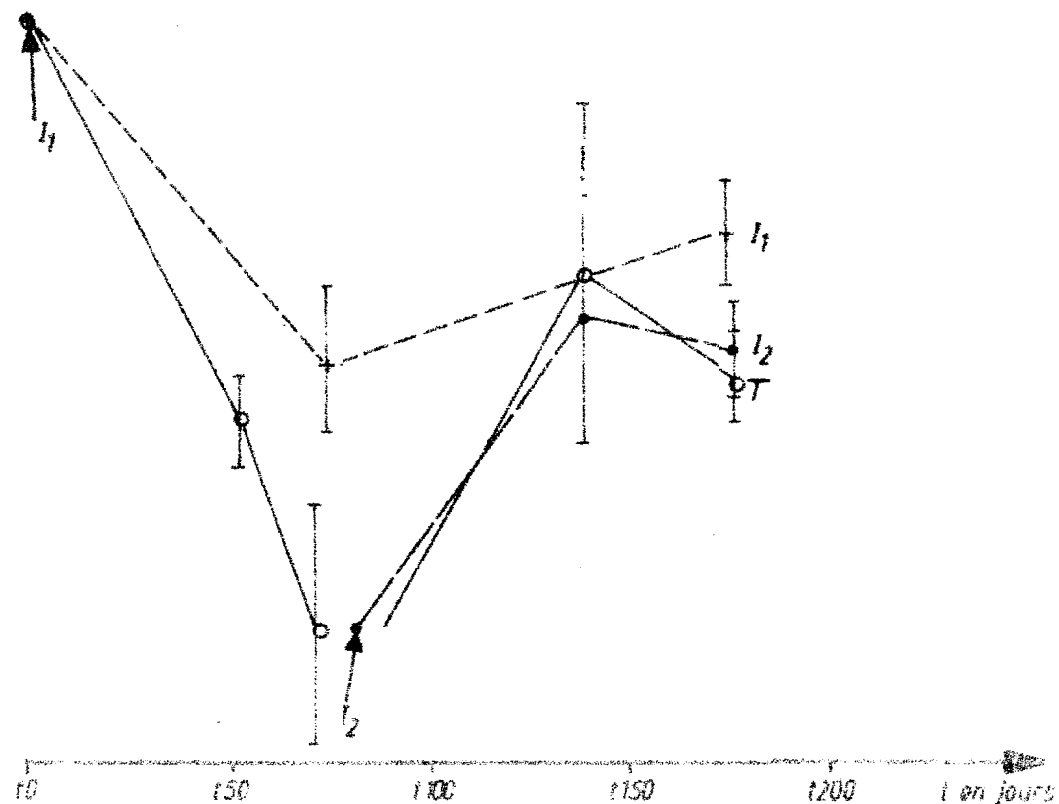


FIG. 3 ACTION DE L'INOCULATION AVEC ENTEROBACTER CLOACAE 88 SUR LA FIXATION

NETTE DE N₂

—●— I_2
 -+— I_1
 —○— T

Liquide

—●— I_2
 -+— I_1
 —○— T

Alginate

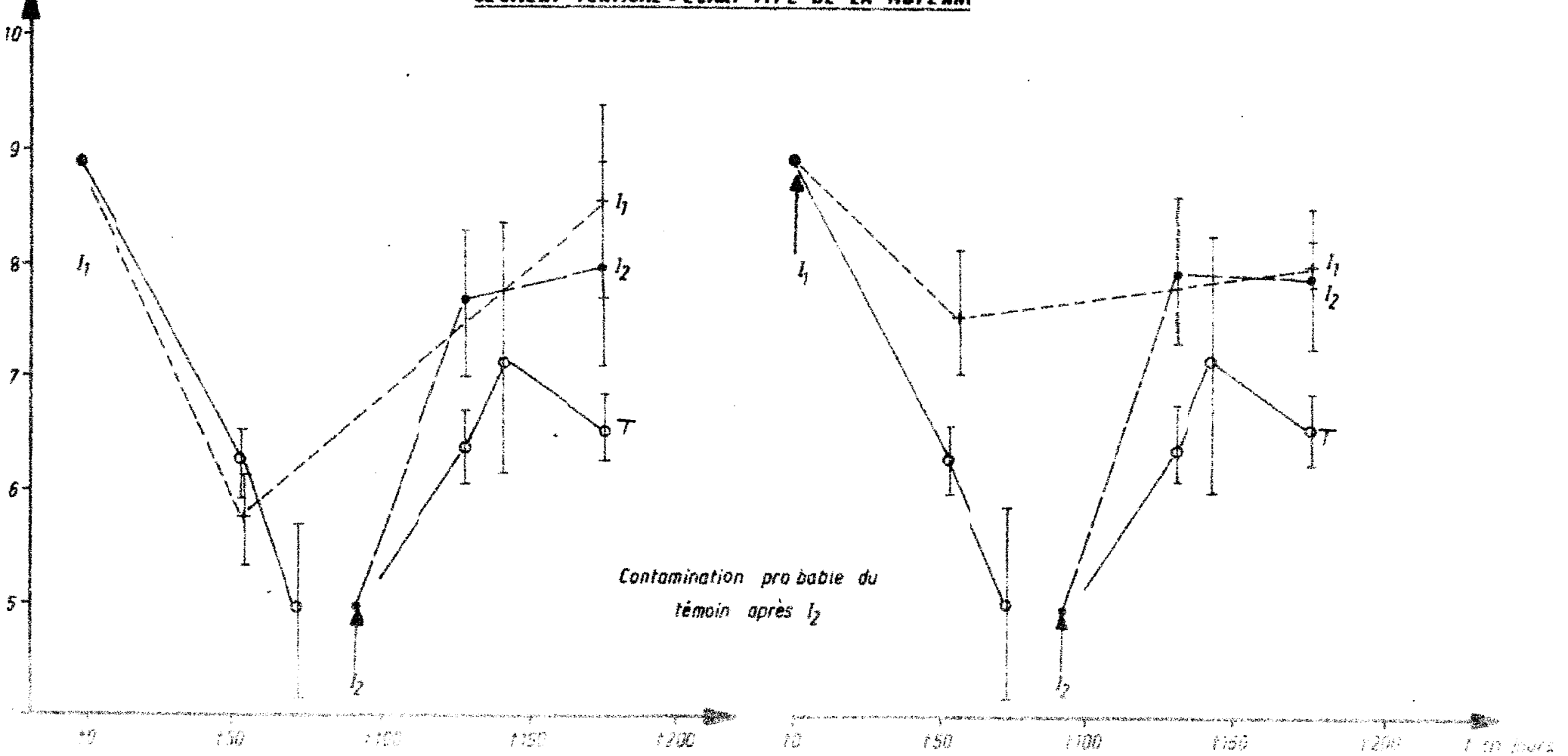
A

B

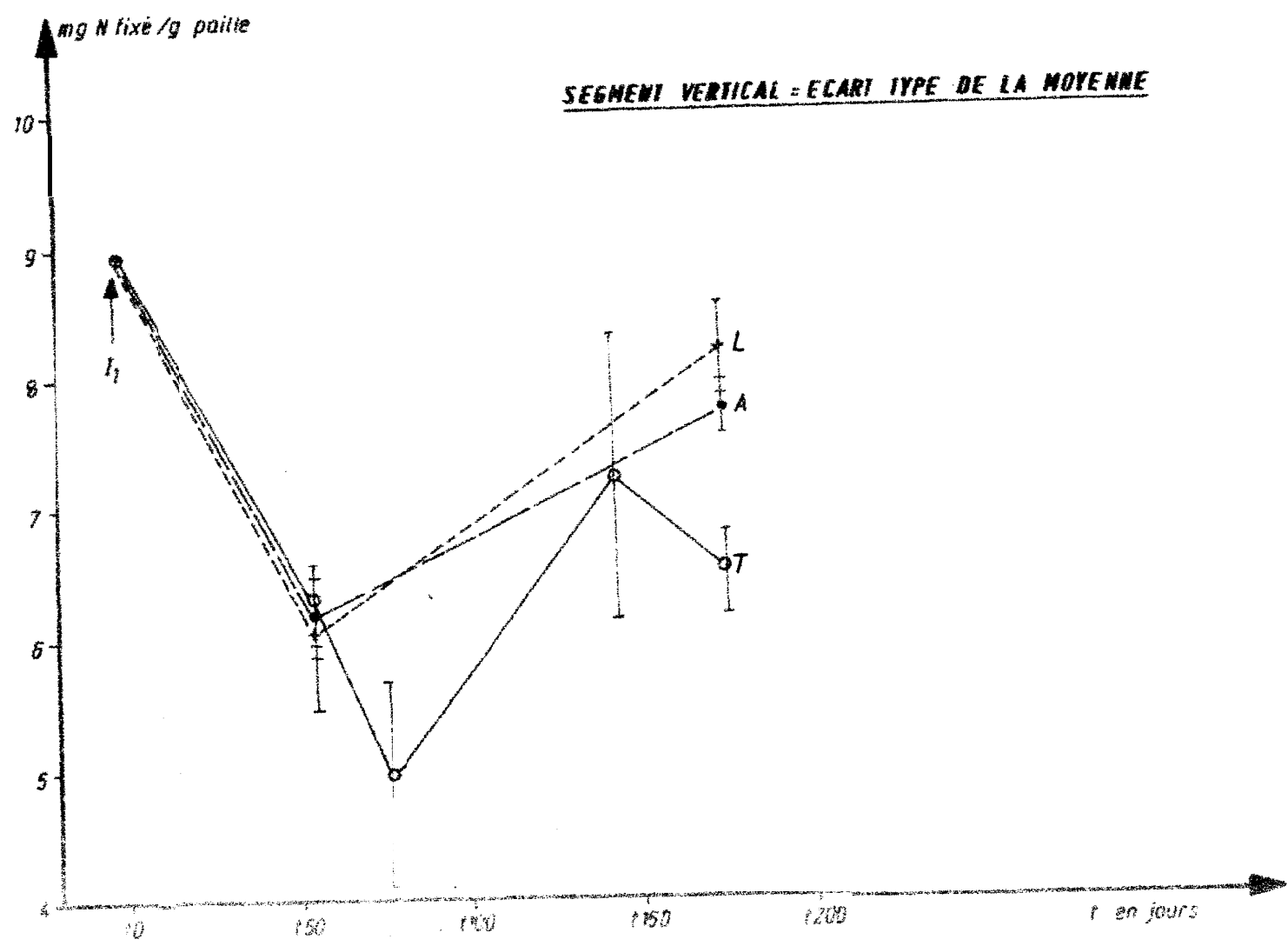
SEGMENT VERTICAL = ECART TYPE DE LA MOYENNE

mg N fixé/g paille

Contamination probable du témoin après I_2



A —•— Alginate
 L —+— Liquide I₁
 T —○— témoin



	BJK, 12 74 jours	B8, I ₁ 130 jours
Témoin	2,35 (39,9)	2,17 (40,3)
I. liquide	2,40 (41,1)	1,97 (43,2)
1. Solide	////// ////// ////// ////// ////// ////// ////// //////	1,50 (42,4)

Tableau 4: Taux de carbone des acides humiques en % de C par rapport à la matière sèche. Entre parenthèses figure le C total %.

BJK, 12 : inoculation retardée à 12 avec le Beijerinckia
Mesure faite sur un compost de 74 jours

BE, I₁ : inoculation à I₁ avec l'Enterobacter B8
Mesure faite sur un compost de 140 jours (2e prélèvement)

	BJK ; 12 74 jours	B8 ; I ₁ 130 jours
Témoin	5,9 (17,1)	5,4 (17,3)
1. liquide	5,8 (19,1)	4,6 (19,5)
1. solido	////// ////// ////// ////// ////// ////// ////// //////	4,6 (18,8)

Tableau 5: Taux d'humification en % C/N. Entre parenthèses, on exprime

D'après les tableaux 4 et 5, l'inoculation a tendance à réduire le taux d'humification dans le cas d'Enterobacter. Cette diminution du taux d'humification correspond à une augmentation du C/N, ce qui est normal a priori. Il convient cependant d'être prudent dans cette interprétation en raison des faibles variations de ces paramètres. Notons que le taux d'humification qui varie de 4 à 6% est sensiblement le même que celui trouvé dans le compost CIDR (5 à 8%) analysé dans la première partie.

SYNTHESE ET CONCLUSION

En vue d'induire et/ou d'accroître la fixation de N₂ dans un compost en cours de fabrication, nous avons étudié certains facteurs de l'environnement au sein de ce compost tels que la température et la phytotoxicité, qui nous ont semblé a priori les plus déterminants. Parallèlement, on a mesuré l'activité fixatrice de N₂ et le bilan de l'azote.

Importance de la date d'inoculation

Le suivi de la courbe des températures nous a permis de repérer le début de la période post-exothermique pendant laquelle l'inoculation, a priori, aurait le plus de chances de réussir. Les résultats ont montré que pendant les 30 premiers jours, cette température oscillait autour de 70°C (température vraisemblablement inhibitrice) pour s'abaisser ensuite vers 50°C et s'y stabiliser.

En ce qui concerne la fixation de N₂ il apparaît d'abord que, spontanément, le compost est le siège d'une telle activité, faible cependant, et accrue sous l'action de l'inoculation. Il semble que les fixateurs de N₂ inoculés en début de compostage se soient maintenus durant la phase exothermique, et qu'ils aient pu fixer des quantités de N₂ non négligeables, comprises entre ~~4500~~⁺³⁰ et ~~3500~~^{70%} ppm d'azote par rapport au stock d'azote du témoin non inoculé. Mais cette fixation de N₂ semble tout de même s'être mieux développée en phase post-exothermique.

Importance du temps de compostage après inoculation

Les résultats montrent, après l'inoculation en phase post-exothermique, une augmentation rapide de la quantité d'azote. Celle-ci semble maximum environ 50 jours après l'inoculation, d'où la nécessité qu'il y aurait d'arrêter la fermentation à cette date. Il serait intéressant de connaître sous quelle forme cet azote a été immobilisé.

Modalité d'inoculation

L'inoculum liquide s'est révélé supérieur à l'inoculum matriciel alginaté; il conviendrait cependant de tester un autre inoculum matriciel que l'alginaté.

L'ensemble de ces résultats méritent d'être confirmés. Néanmoins ils nous permettent d'ores et déjà d'avancer que l'inoculation d'un compost par des fixateurs de N₂ en vue du gain de l'azote par rapport au stock initial contenu dans les pailles - sinon de limiter les pertes.

en azote lors du compostage est une technique prometteuse et réaliste, applicable en milieu paysan. A cet égard, pour terminer sur un propos optimiste, nous prendrons le traitement où nous avons obtenu la plus forte plus-value de fixation de N₂, à savoir 200 mg d'azote pour un poids de paille initial de 100 grammes. Ceci représente 2 kg d'azote gratuit au niveau de l'exploitation par tonne de paille susceptible d'être compostée.

Par ailleurs le compost réalise un apport en acides humiques non négligeable qui peut être estimé de 15 à 20 kg de carbone/t de paille par hectare. Rappelons qu'un sol sableux de Cambey renferme de 1500 à 2000 kg de carbone d'acides humiques par hectare (sur 20 cm de profondeur). Une augmentation de 10% du taux d'acides humiques du sol est donc plausible après un enfouissement, en compost, de l'équivalent de 10 t de paille.

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

1- KWAKYE (P.K.), 1977

The effect of method of dung storage and its nutrient (NPK) content and crop yield in the north east Savannah zone of Ehana

Workshop on organic recycling in agriculture
5-14 décembre 1977 - Buea (Cameroun)

2- PREVOST (A.R.), 1970

Humus.

Biogénèse - Biochimie - Biologie
Edition de la Tourelle,

3- GANRY (F.), ROGER (P.), et DOMMERGUES (Y.), 1978.

A propos de l'enfouissement pailles.

comptes-rendu Acad. d'Agr. France,

Seances mars 1978.